

Universidad EAN

Seminario Investigación

Informe final de la investigación

Autores:

César Luis Acosta González  
Andrés Felipe Pachón García  
Daniel Alberto Mendoza Mesa

Tutor:

Leidy Natalia Zapata Restrepo

Bogotá, 24 de noviembre de 2024

## Contenido

Lista de figuras .....	3
Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación .....	5
Resumen.....	6
Antecedentes del problema. ....	7
Descripción del problema. ....	11
Pregunta de investigación. ....	13
Objetivos .....	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
Conveniencia de la Investigación .....	14
Marco teórico .....	15
Conclusiones .....	69
Bibliografía .....	69

**Lista de figuras**

<b>Figura 1</b> Etapas y áreas de gestión en proyectos.....	20
<b>Figura 2</b> IA predictiva .....	31
<b>Figura 3</b> Variables a evaluar en la selección de la herramienta de IA.....	57
<b>Figura 4</b> Lista de regresión .....	63

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Fases del proyecto .....	17
<b>Tabla 2.</b> Gestión del proyecto .....	18

## Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación

### Información General

Información del estudiante 1	Nombre: César Luis Acosta González
	Correo institucional: cacosta22842@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización Gerencia de Procesos de Calidad e Innovación
Información del estudiante 2	Nombre: Andrés Felipe Pachón García
	Correo institucional: apachon88703@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización Gerencia de Proyectos
Información del estudiante 3	Nombre: Daniel Alberto Mendoza Mesa
	Correo institucional: dmendoz95876@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización en Gerencia de Proyectos
Campo de investigación:	Gestión de Proyectos
Grupo de investigación:	Gestión de Proyectos y Operaciones
Línea de investigación:	Aplicaciones de Inteligencia Artificial para la Optimización de Procesos en Gestión de Proyectos
Título tentativo del proyecto:	Integración de Herramientas de Inteligencia Artificial para la Estimación de Tiempos en Proyectos de Desarrollo de Software del Sector Bancario

## Resumen

Este trabajo de investigación aborda los desafíos asociados con la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software en el sector bancario, donde la planificación eficiente es crucial debido a la alta competitividad y volatilidad del entorno. Las metodologías tradicionales de estimación presentan limitaciones significativas, como la subjetividad y la imprecisión. Como respuesta, se propone el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) para mejorar la precisión y optimizar los recursos en la planificación de proyectos. Se desarrolla una guía basada en un enfoque metodológico mixto, integrando análisis cualitativo y cuantitativo, para identificar herramientas de IA relevantes y factores críticos que inciden en la estimación de tiempos. A partir de estos hallazgos, se establece una estructura que facilita la integración de IA, mejorando el proceso de planificación de proyectos. Los resultados destacan el potencial de la IA para transformar la gestión de proyectos en el sector financiero, promoviendo la competitividad y adaptación al cambio.

**Palabras Clave:** Estimación de tiempos, inteligencia artificial, proyectos de software, sector bancario

## Introducción

La transformación digital ha llevado al sector bancario a enfrentar una creciente necesidad de implementar soluciones tecnológicas de manera ágil y precisa. Sin embargo, la gestión de proyectos de desarrollo de software, clave para dicha transformación, enfrenta desafíos significativos, especialmente en la estimación de tiempos. Las metodologías tradicionales, basadas en la experiencia y juicio humano, a

menudo resultan inadecuadas para abordar la complejidad y la incertidumbre inherentes a estos proyectos, generando retrasos, sobrecostos y una asignación ineficiente de recursos.

La inteligencia artificial (IA) se presenta como una herramienta prometedora para abordar estas limitaciones, al permitir análisis más precisos y la identificación de patrones en grandes volúmenes de datos. Este trabajo de investigación tiene como objetivo desarrollar una guía para integrar herramientas de IA en la planificación de proyectos de desarrollo de software en el sector bancario, con un enfoque en la mejora de la precisión y la eficiencia en la estimación de tiempos. A través de un análisis detallado, se exploran las características de las herramientas de IA y los factores clave que afectan las estimaciones, sentando las bases para una guía que busca optimizar los procesos y fortalecer la competitividad en un entorno altamente dinámico.

### **Antecedentes del problema.**

De acuerdo con el Banco de la República de Colombia, el sector financiero está atravesando un momento de crecimiento negativo desde finales del año 2022, debido principalmente a que la economía ha venido teniendo un comportamiento decreciente después de lo que fue el impacto de la pandemia del COVID-19, y las diferentes medidas que el Gobierno Nacional tomó en búsqueda de mitigar los impactos sobre la economía nacional, debido a las diferentes medidas de salud pública tomadas. (Banco de la República, 2023)

Las consecuencias de esta situación se han reflejado significativamente en las carteras de las entidades financieras, evidenciando un crecimiento negativo. A esto se

suma el aumento en la cartera riesgosa, impulsado por el incremento en los créditos de consumo y microcréditos, así como un alza en las carteras vencidas. Esta dinámica ha obligado a las entidades a aumentar sus provisiones, lo que ha resultado en que muchas de ellas no reporten ganancias o, en algunos casos, presenten pérdidas durante el año 2023, afectadas por las condiciones del mercado (Banco de la República, 2023).

Por otro lado, las dinámicas de interacción entre las personas y su entorno han cambiado drásticamente con el auge de la era digital, la cual se encuentra cada vez más consolidada. Hoy en día, muchas de las actividades sociales y comerciales se están trasladando al ámbito digital, lo que ha transformado significativamente el comportamiento de los clientes en relación con sus productos financieros. Esto ha generado la necesidad en el sector bancario de ofrecer soluciones más personalizadas, eficientes y fáciles de usar, que garanticen una mayor transparencia y claridad en cada operación que el cliente realiza. (McKinsey & Company, 2020)

La transformación digital ha emergido como un pilar esencial para las instituciones financieras, no solo para retener a los clientes actuales, sino también para aumentar su participación en el mercado. Esta transformación se impulsa mediante la implementación de diversas herramientas tecnológicas que facilitan la interacción con los usuarios, mejorando su experiencia y optimizando los procesos (Fernández, Fernandini, Puig & Méndez, 2020). Dicha implementación se lleva a cabo a través de proyectos de desarrollo de software, los cuales presentan particularidades especiales. El recurso clave en estos proyectos es el capital humano, y su éxito depende en gran

medida de una gestión eficiente y una planificación adecuada que garanticen el cumplimiento de los compromisos en los tiempos y costos previstos.

Por ello, la gestión de proyectos se convierte en un proceso clave dentro de las instituciones financieras, ya que asegura el éxito en la entrega de valor al cliente a través de herramientas tecnológicas. Una de las fases más críticas para el éxito de estas iniciativas es la fase de planificación. Según la *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK)*, desarrollada por el Project Management Institute (PMI), esta fase se centra en definir claramente el alcance del proyecto, crear un cronograma detallado, determinar los recursos necesarios y establecer un presupuesto preciso. El objetivo principal de la planificación es elaborar un plan integral que sirva como guía para una ejecución exitosa desde el inicio hasta la finalización del proyecto (PMI, 2021).

Dado que las actividades dentro de la planificación son diversas, cada una debe estar respaldada por una base sólida que justifique sus decisiones, como la duración del proyecto, el costo, el alcance y los objetivos. Hasta hace unos años, estas tareas eran complejas y dependían en gran medida de la información limitada disponible, ya sea a través de experiencias previas o datos del sector. Esta limitación a menudo resultaba en desviaciones significativas entre la planificación y la realidad, lo que llevaba a incumplimientos en los objetivos o a sobrecostos para lograrlos.

Para ilustrar una de las tareas clave, es fundamental centrar la atención en la estimación del tiempo del proyecto, tanto en su conjunto como en cada una de sus fases. Tradicionalmente, la gestión de proyectos de desarrollo de software ha dependido en gran medida de la experiencia del gerente de proyectos y de métodos

convencionales de estimación de tiempos, como la ruta crítica, el análisis PERT (Program Evaluation and Review Technique) o la técnica de estimación por puntos de función. Aunque estos métodos han sido útiles, presentan limitaciones cuando se enfrentan a la complejidad y la incertidumbre inherentes a los proyectos de software (Kerzner, 2017).

Las limitaciones de los métodos convencionales radican en su alta susceptibilidad a errores, principalmente debido a la subjetividad del juicio humano, la variabilidad en la complejidad de los proyectos y la falta de datos históricos precisos. Estas debilidades pueden llevar a estimaciones inexactas, impactando negativamente la planificación y ejecución del proyecto (Jørgensen, 2007). Como respuesta a estas inexactitudes, es común ampliar los tiempos estimados o incluir holguras, lo que resulta en cronogramas más largos y un uso ineficiente de los recursos.

Ante estas limitaciones, se han explorado alternativas que permitan realizar estimaciones más precisas y optimizar los recursos. Una de estas alternativas es la Inteligencia Artificial (IA), que en la última década ha comenzado a revolucionar diversos sectores al ofrecer herramientas capaces de analizar grandes volúmenes de datos, aprender patrones complejos y hacer predicciones más precisas. En el contexto de la gestión de proyectos, la IA tiene el potencial de mejorar significativamente la precisión y eficiencia en la estimación de tiempos (Davenport & Ronanki, 2018).

Dentro de las soluciones que ofrece la IA en la estimación de tiempos, se destacan los algoritmos de aprendizaje automático y técnicas como el análisis predictivo y la minería de datos, que están siendo cada vez más utilizados para mejorar las estimaciones basadas en datos históricos, detectando patrones y tendencias que no

son evidentes a simple vista (Davenport & Ronanki, 2018). Esto presenta un gran potencial para integrar estas soluciones en la gestión de proyectos de software.

El camino hacia la adopción de la inteligencia artificial en la estimación de tiempos es prometedor, pero aún se encuentra en sus primeras etapas. La adopción de la IA no solo requiere su implementación tecnológica, sino también un proceso de adaptación por parte de las personas. Este desafío implica que la IA debe ser compatible con los métodos actuales de gestión de proyectos de software, y que los equipos deben recibir la capacitación necesaria para implementarla, lo cual demanda cambios en las prácticas organizacionales (Zhang & Liu, 2020).

A partir de lo anterior, surge la necesidad de desarrollar guías que faciliten la adopción de herramientas de inteligencia artificial (IA) en las distintas fases de la gestión de proyectos de software, particularmente en el sector bancario. Este sector exige una mayor precisión en la planificación, ya que su entorno se caracteriza por cambios rápidos que pueden volver obsoletas las soluciones en plazos muy cortos. Para que la integración de estas herramientas sea efectiva, es esencial que se realice de manera orgánica, alineándose con las estructuras y procesos internos actuales, pero al mismo tiempo, permitiendo abordar de forma eficiente los puntos de mejora identificados a través de las capacidades analíticas de la IA (Huang & Han, 2021).

### **Descripción del problema.**

El sector bancario en Colombia se caracteriza por una intensa competencia, donde las entidades buscan constantemente aumentar su participación en el mercado mediante productos financieros innovadores. En este entorno, la capacidad para desarrollar soluciones tecnológicas avanzadas de manera más rápida que los

competidores es crucial. Esta necesidad ha impulsado a los bancos a embarcarse en una transformación digital profunda, optimizando sus canales y plataformas para ofrecer soluciones eficientes que atraigan y retengan a los clientes. Sin embargo, el éxito de esta transformación depende en gran medida de la gestión efectiva de los proyectos de desarrollo de software, el motor detrás de estas innovaciones tecnológicas.

Uno de los mayores desafíos en la gestión de proyectos de software en el sector bancario es la inexactitud en la estimación de los tiempos de ejecución, lo que dificulta una planificación adecuada y genera retrasos en la implementación de soluciones. Esto afecta directamente la capacidad de los bancos para responder con rapidez a las demandas del mercado y mantener su competitividad. La inexactitud en las estimaciones está asociada a la complejidad y volatilidad del entorno bancario, caracterizado por estructuras organizativas rígidas y normativas cambiantes. Como resultado, se producen sobrecostos, retrasos y una asignación ineficiente de recursos, lo que limita la capacidad de las entidades financieras para adaptarse ágilmente a las exigencias del mercado.

Históricamente, la estimación de tiempos se ha basado en la experiencia y el juicio de los gerentes de proyectos, quienes formulan sus predicciones a partir de desarrollos previos similares. No obstante, este enfoque tradicional tiende a ignorar factores clave del entorno específico de cada proyecto de software, lo que genera errores significativos en las estimaciones. Esto compromete la predictibilidad tanto del tiempo de entrega de nuevas funcionalidades como del costo real de los proyectos, afectando

negativamente la capacidad de las entidades para satisfacer las expectativas del mercado y mejorar su competitividad.

En los últimos años, han surgido diversas herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) que, mediante el análisis de grandes volúmenes de datos y el aprendizaje automático de experiencias previas, tienen el potencial de mejorar significativamente la precisión en las estimaciones de tiempo. Esto permitiría optimizar los procesos de gestión de proyectos, tanto en la fase de planificación como en la ejecución. Sin embargo, estas herramientas aún no se utilizan de manera generalizada o no existe una guía clara para su aplicación en la gestión de proyectos de desarrollo de software en el sector bancario. Como resultado, se desaprovecha el potencial de estas tecnologías emergentes, las cuales podrían ofrecer soluciones efectivas para mitigar el problema inicialmente planteado. Por lo tanto, es crucial explorar estas herramientas y desarrollar una guía que integre la IA en los procesos de estimación de tiempo en proyectos de desarrollo de software.

**Pregunta de investigación.**

¿Cómo se puede desarrollar una guía que integre herramientas de inteligencia artificial para la estimación de tiempos durante la planificación de proyectos de desarrollo de software en el sector bancario?

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Desarrollar una guía que integre herramientas de inteligencia artificial para la estimación de tiempos durante la planificación de proyectos de desarrollo de software en el sector bancario.

### **Objetivos específicos.**

1. Identificar las herramientas de inteligencia artificial aplicables a la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software
2. Identificar los factores claves que inciden en la estimación de tiempos, así como los principales limitaciones y desafíos que se presentan con el modelo actual
3. Proponer una estructura para la integración de herramientas de inteligencia artificial en la estimación de tiempos para proyectos de desarrollo de software

## **Conveniencia de la Investigación**

La presente investigación se centra en uno de los desafíos más relevantes del sector bancario actual: la estimación de tiempos en la gestión de proyectos de desarrollo de software. Los métodos tradicionales han mostrado limitaciones debido a la creciente complejidad y volatilidad del entorno. En los últimos años, la inteligencia artificial ha experimentado un crecimiento significativo, y sus herramientas han comenzado a abordar los problemas relacionados con las estimaciones de tiempo. Sin embargo, sigue existiendo una considerable dificultad para integrar de manera efectiva dichas herramientas en los diferentes procesos de gestión de proyectos, especialmente en la fase de planificación.

Para las instituciones que conforman el sector financiero, mejorar la estimación de tiempos a través de la inteligencia artificial representa una gran oportunidad. Esta mejora permite aumentar la agilidad y precisión en la entrega de productos y servicios digitales, lo que a su vez fortalece su competitividad en el mercado. Además, una mejor estimación optimiza la gestión de recursos, facilitando una asignación más eficiente del personal y reduciendo los costos operativos al minimizar los errores en la planificación.

Por esta razón, esta investigación busca desarrollar una guía que integre herramientas de inteligencia artificial en el proceso de planificación, con el objetivo de reducir los errores en las estimaciones, los cuales frecuentemente derivan en sobrecostos, retrasos y una asignación ineficiente de recursos. En un sector caracterizado por su alta volatilidad, como es el financiero, minimizar la incertidumbre es crucial. Así, ofrecer una solución desde el ámbito académico tiene el potencial de generar un impacto positivo en un sector clave para la economía del país.

### **Marco teórico**

La gestión de proyectos abarca un conjunto de prácticas que permiten administrar, diseñar y dirigir los esfuerzos dentro de un proyecto, ya sea corporativo, tecnológico u otro. Se trata de un enfoque metódico que facilita la estimación, administración y cumplimiento de los objetivos planteados (Velásquez, Mora, & Pérez, 2022). Esto implica la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para la planificación, ejecución y evaluación efectiva y eficiente de los proyectos, dentro de los límites de tiempo, presupuesto y calidad acordados.

Profundizando en el tema, Sorita et al. (2024) definen los proyectos como esfuerzos temporales destinados a crear un producto, ofrecer un servicio u obtener un resultado único. Los consideran esenciales para impulsar la innovación y el desarrollo en las organizaciones, ya que permiten gestionar recursos, tiempo y actividades orientadas a alcanzar un objetivo estratégico. Al estar delimitados dentro de un marco temporal y un alcance específico, estos esfuerzos generan cambios significativos y ayudan a las organizaciones a adaptarse a los desafíos del entorno actual.

Por lo tanto, la gestión de proyectos no es un proceso lineal, sino uno que requiere identificar, diseñar, implementar, ejecutar y evaluar alternativas que permitan alcanzar objetivos en un tiempo específico, con el fin de solucionar necesidades concretas.

Cada proyecto surge a partir de una idea u oportunidad, lo que implica que su desarrollo debe basarse en una serie de actividades planificadas que optimicen la gestión de recursos de manera eficiente (Terrazas, 2009). En este contexto, es fundamental comprender las etapas o fases de la gestión de proyectos, ya que proporcionan un marco estructurado que guía el proceso desde su concepción hasta su finalización.

El ciclo de vida del proyecto se organiza en cinco procesos principales: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre. Estos procesos abarcan la gestión de aspectos clave como la integración, el alcance, el tiempo, los costos, la calidad, los recursos humanos, los riesgos, las adquisiciones y los interesados (PMBOK, como se cita en Cruz et al., 2020). A continuación, se presentan las fases de la gestión de proyectos.

**Tabla 1. Fases del proyecto**

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>
<b>Inicio</b>	<p>Es el primer paso del ciclo de vida y el cual marca el inicio.</p> <p>En esta fase se debe de comprender el plan del negocio, los objetivos y alcance, beneficio si se ejecuta el proyecto y los principales resultados esperados.</p> <p>Así mismo, se define en qué consiste el proyecto.</p>
<b>Planeación</b>	<p>En esta fase se desarrollan los diferentes planes que permiten ejecutar el proyecto. Por ende, se define cabalmente y a profundidad el objetivo, alcance, indicadores clave de rendimiento, presupuesto, recursos necesarios, riesgos y estrategias de mitigación, actividades, tiempo, hitos, entre otros aspectos según la naturaleza del proyecto.</p>
<b>Ejecución</b>	<p>Se desarrollan los planes y por tanto se ejecuta el proyecto.</p> <p>Durante esta fase es importante documentar lo que se va ejecutando y los objetivos alcanzados</p>
<b>Monitoreo y supervisión</b>	<p>Durante la ejecución se verifica que las cosas se estén ejecutando como deberían y que los objetivos se estén alcanzando en la dirección deseada.</p>
<b>Cierre</b>	<p>Se completa el proyecto, realizando una revisión final y documentando las lecciones aprendidas.</p>

Nota. Elaboración propia a partir de información contenida en Cruz et al (2020)

Como se observa en la Tabla 1, los proyectos se comportan de manera similar a un ser viviente, siguiendo la analogía de Izar (2016), donde "nacen" con su inicio y "mueren" con la entrega al cliente y el cierre. Un proyecto comienza cuando, ante una necesidad específica, se establecen objetivos, metas y tareas, y finaliza cuando se evalúan los entregables y se extraen las lecciones aprendidas.

A lo largo de las fases del proyecto, se deben llevar a cabo diversas gestiones que tienen como propósito alcanzar un resultado óptimo. Estas incluyen:

**Tabla 2.** *Gestión del proyecto*

<b>Gestión</b>	<b>Descripción</b>
<b>Gestión de la integración</b>	<p>Se debe garantizar la interdependencia de las actividades planeadas. Por ende, los elementos del proyecto no deben de estar dispersos, sino que deben de estar en línea para permitir un desarrollo coherente e interdependiente.</p> <p>Cada elemento debe de estar adecuadamente coordinado, y permitir que las actividades y tareas estén en línea de que se alcancen los objetivos y se complete el proyecto.</p>
<b>Gestión de alcance</b>	<p>Se deben de presentar adecuada y finalmente los límites del proyecto, definiendo lo que se realiza para alcanzar los objetivos. Por ende, concentra lo que se puede y no</p>

---

	<p>ejecutar definiendo entonces la línea inicial de lo que será el cronograma, actividades y presupuesto.</p>
<b>Gestión del tiempo</b>	<p>Son las actividades y acciones que se realizan para garantizar que el proyecto se realice en el tiempo acordado. Por ende, requiere de generar una secuencia lógica a las actividades del proyecto, estimación de la duración y elaboración del cronograma del proyecto.</p>
<b>Gestión de los costos</b>	<p>Incluye todos los procesos que permiten estimar, presupuestar y controlar los costos del proyecto. Por ende, implica establecer un presupuesto y posteriormente velar porque este no se desvíe de la planeación o incluso consiga optimizarse.</p> <p>En esta fase se debe de velar por un adecuado uso de los recursos financieros, reconociendo el costo estimado de los recursos necesarios para las actividades y construir así una línea base de costo que será autorizada.</p>
<b>Gestión de la calidad:</b>	<p>Implica todos aquellos procesos y actividades a partir de los cuales se determinan las políticas de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades por el cual nace. Así mismo, en este se plantean los responsables para que se cumpla. También, conlleva planificar la calidad como un</p>

---

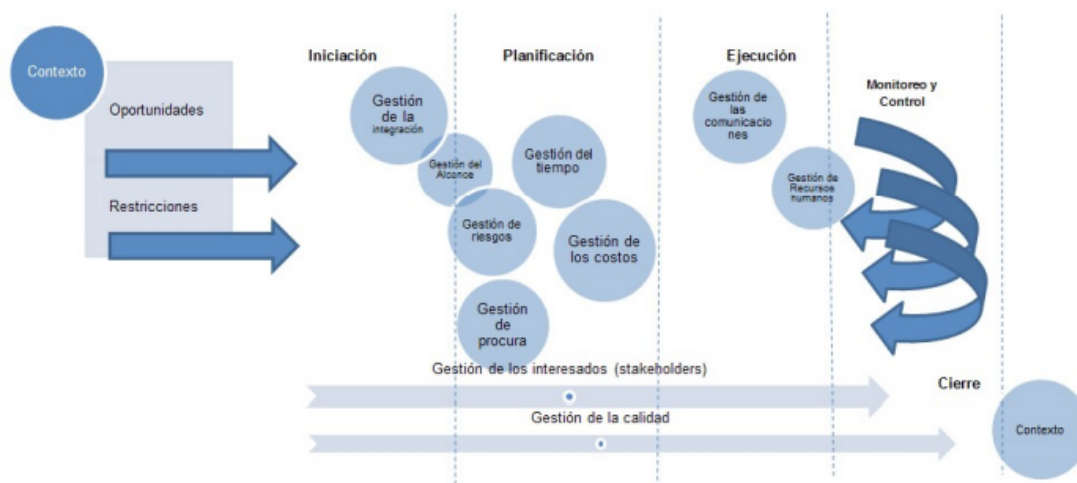
proceso que más allá de las normas y requisitos, requiere de la documentación y una mentalidad de mejora continua.

**Gestión del recurso humano** Es a partir del cual surgen los procesos y actividades que permiten organizar, gestionar y capacitar al equipo de trabajo que ejecutará el proyecto. Dentro de este se asignan roles, responsabilidad y el nivel de participación en la toma de decisiones.

**Gestión de las comunicaciones.** Incluye todas las actividades que permiten que se recopile, gestione, almacene, distribuya, recupere y se disponga de la información del proyecto de forma adecuada.

Nota. Elaboración propia a partir de información contenida en Cruz et al (2020)

**Figura 1** *Etapas y áreas de gestión en proyectos*



Nota. Tomado de Cruz et al (2020, pág. 687)

Todas las etapas y áreas de gestión son indispensables para el éxito de un proyecto; sin embargo, la fase de planificación es especialmente crítica, ya que en ella se establecen las bases para todo el proceso. Durante esta etapa se definen los objetivos, se identifican los recursos necesarios, se elaboran los cronogramas y se asignan las responsabilidades. Una planificación adecuada permite identificar posibles riesgos, diseñar estrategias para mitigarlos y asegurar que todos los involucrados comprendan claramente sus roles y responsabilidades. En contraste, una planificación deficiente puede provocar retrasos, sobrecostos y descoordinación, lo que generalmente resulta en el fracaso del proyecto y, por ende, en la insatisfacción del cliente (Larson & Gray, 2021).

Como señalan Cruz et al. (2020), la planificación de un proyecto implica considerar aspectos técnicos, económicos, financieros, humanos, institucionales, legales, ambientales y organizacionales. Esto requiere una asignación adecuada de recursos que responda a las necesidades identificadas y que permita concretar el alcance de los objetivos. Es esencial que durante la planificación se identifiquen las actividades necesarias para alcanzar los resultados esperados.

El director del proyecto es responsable de garantizar una planificación eficiente, no solo en cuanto a la definición de los requisitos del sistema, sino también para asegurar un desarrollo y entrega finales adecuados. Esto incluye la generación de planes que contemplen la capacitación, revisión, prueba, instalación y modificación de los recursos necesarios para la gestión del proyecto (Bron et al., 2021).

En el caso específico de los proyectos de desarrollo de software, que buscan diseñar, crear, implementar y mantener sistemas o aplicaciones que respondan a necesidades concretas (Pérez et al., 2020), es fundamental que la planificación incluya medidas para contrarrestar problemas relacionados con costos, demoras, imprevistos o defectos en la calidad del producto final, garantizando así el cumplimiento de los objetivos.

Castro et al. (2020) señalan que muchas organizaciones jóvenes optan por enfoques informales en la gestión de proyectos de software, involucrando a sus equipos sin seguir estructuras tradicionales. Estos enfoques corresponden en muchas ocasiones a marcos ágiles, en los cuales se trabaja en ciclos cortos y repetitivos, conocidos como sprints, donde el equipo se enfoca en completar tareas específicas para entregar valor de forma constante y rápida (Kniberg & Skarin, 2010).

La planificación en estos marcos es flexible y se ajusta a la naturaleza dinámica del proyecto. En lugar de una planificación rígida, el proceso es continuo y evoluciona conforme avanza el proyecto, basado en los resultados obtenidos al final de cada iteración. Esto permite una respuesta ágil a los cambios en los requerimientos, manteniendo siempre el enfoque en las necesidades del cliente (Cohn, 2005). Debido a la complejidad y naturaleza cambiante de los proyectos de desarrollo de software, los marcos ágiles han ganado relevancia, proporcionando adaptabilidad y eficiencia en la entrega de productos.

Una de las tareas más importantes dentro de la planificación de un proyecto es la estimación de tiempos. Como señala Larson (2021), esto consiste en realizar una

aproximación del tiempo que tardará en completarse el proyecto. Las metodologías actuales para la estimación de tiempos incluyen técnicas basadas en comparaciones, consensos de grupo o cálculos matemáticos. Aunque es esencial contar con estimaciones precisas, es importante reconocer que estas están sujetas a la incertidumbre inherente a la ejecución real del proyecto.

Larson (2021) identifica varios factores que influyen en la calidad de las estimaciones de tiempo. Uno de ellos es el horizonte de planeación, que se refiere al tiempo disponible para completar el proyecto. A mayor distancia entre el inicio del proyecto y la fase de planificación, menor será la precisión de las estimaciones, debido a las dificultades para prever los detalles de la ejecución real. La complejidad del proyecto también es un factor clave, pues tanto las especificaciones del alcance como el tipo de implementación influyen en la exactitud de las estimaciones.

El factor humano es igualmente relevante, ya que las habilidades y la motivación del equipo afectan la precisión de las estimaciones. Asimismo, la estructura y organización del proyecto influyen en la exactitud de estas; dependiendo del tipo de proyecto, las estimaciones pueden ser más o menos precisas.

Además, algunas estimaciones pueden estar infladas, cuando los gerentes de proyecto aumentan deliberadamente los tiempos previstos para contar con un margen de seguridad. No obstante, esta práctica afecta la precisión de los cálculos y puede impactar negativamente el costo del proyecto. La cultura organizacional también juega un rol importante, ya que influye en la manera en que las estimaciones son toleradas y valoradas dentro de la empresa.

Por último, factores externos al proyecto, como días festivos, desastres naturales, restricciones legales o la prioridad que se le asigne dentro de la organización, pueden afectar la asignación de recursos y, en consecuencia, las estimaciones de tiempo y costo.

Considerando todos estos factores y la complejidad inherente de predecir con precisión los eventos futuros, existen diversos métodos para la estimación de tiempos en la planificación de proyectos. La estimación del tiempo es una tarea crucial, ya que afecta directamente la ejecución, el control y, en última instancia, el éxito del proyecto. Para enfrentar la incertidumbre, se emplean distintos enfoques que permiten realizar predicciones más precisas, basadas en datos históricos, el análisis detallado de las actividades y la experiencia profesional. Entre los métodos más utilizados se encuentran:

### ***Método de consenso***

Este método se basa en aprovechar la experiencia acumulada de expertos, quienes utilizan su conocimiento para estimar la duración del proyecto y de sus actividades. En este proceso, los expertos se reúnen para discutir y llegar a un consenso sobre las estimaciones. Para aquellas organizaciones que buscan obtener una estimación más precisa, puede utilizarse el método Delphi, que permite obtener opiniones de manera estructurada y anónima, minimizando sesgos y llegando a un consenso informado (Cañizares & Suárez, 2022).

El enfoque Delphi es un método descendente, en el cual las estimaciones parten de la alta dirección hacia los niveles operativos. Este enfoque suele utilizarse en las

fases conceptuales de un proyecto, marcando el inicio de su desarrollo y proporcionando una visión general antes de entrar en detalles más específicos.

### ***Método de relación***

Este método se utiliza también durante la fase conceptual, pero incorpora relaciones matemáticas para determinar la duración inicial de las actividades. Si, en experiencias previas, una actividad con un requerimiento específico tomó un determinado tiempo, se puede analizar y dividir esa información en función de las necesidades actuales para obtener una estimación más precisa (Larson, 2021).

### ***Método de distribución***

Este método se utiliza cuando los proyectos presentan características y costos similares a los de proyectos anteriores. A partir de datos históricos, se aplican métodos matemáticos para calcular un pronóstico de la duración del nuevo proyecto. (Larson, 2021).

### ***Método de punto de función para proyectos de software y sistemas***

Este método utiliza frecuencias con variables ponderadas, tales como entradas, salidas, consultas, archivos e interfaces, entre otras. Estas variables se ajustan según un factor de complejidad, lo que permite realizar un conteo detallado que, a su vez, proporciona la base para estimar el esfuerzo necesario. Este enfoque es especialmente útil en proyectos de software, donde la complejidad de las funciones puede variar considerablemente, y permite obtener una estimación más precisa al tener en cuenta tanto el volumen como la complejidad de los componentes del sistema (Larson, 2021).

### ***Método de rango y método PERT***

Este método es de tipo ascendente y se emplea cuando hay incertidumbre asociada. Si la incertidumbre es baja, la persona más familiarizada con el proyecto puede estimar la duración. Sin embargo, cuando la incertidumbre es significativa, se suelen utilizar tres estimaciones de tiempo: baja, media y alta, construyendo lo que se conoce como metodología PERT, que se basa en la distribución de probabilidad.

El PERT (Program Evaluation and Review Technique) es una técnica de planificación y control de proyectos diseñada para estimar la duración de aquellos que presentan un alto grado de incertidumbre en sus actividades. Desarrollado en la década de 1950 en Estados Unidos, este método permite proyectar el tiempo que llevará completar un proyecto al estimar el camino crítico (Villamizar & Peñaranda, 2020).

Según Moran et al (2024) El método PERT comprende varios aspectos importantes a considerar:

**Descomposición de actividades:** El proyecto se divide en actividades interdependientes que permiten establecer una secuencia lógica del flujo del proyecto.

**Diagrama de red:** Se elabora un diagrama de red que visualiza la secuencia de actividades y sus interdependencias.

**Estimación de tiempos:** Se utiliza una fórmula matemática que, a partir de las estimaciones de tiempo optimista (O), pesimista (P) y más probable (M), calcula el tiempo esperado (TE):

$$TE = \frac{O + 4M + P}{6}$$

**Identificación del camino crítico:** Se determinan las actividades sin holguras que definen la duración total del proyecto.

Estos métodos han servido como base para la estimación de tiempos durante muchos años; sin embargo, la revolución tecnológica actual ha dado lugar a tecnologías mucho más avanzadas que facilitan estos procesos. Una de las tecnologías que ha cobrado mayor relevancia en la actualidad es la inteligencia artificial (IA), que emula la inteligencia humana mediante sistemas y algoritmos capaces de simular capacidades cognitivas. Así, la IA se define como la habilidad de los dispositivos para realizar tareas que anteriormente solo podían llevarse a cabo mediante la inteligencia humana (Rouhiainen, 2018). Esta tecnología permite a las máquinas aprender de los datos y utilizar la información para tomar decisiones.

Una de las principales ventajas de la IA es que no requiere descanso y puede procesar grandes volúmenes de información simultáneamente, identificando patrones con una tasa de error inferior a la humana. Por esta razón, su uso se ha extendido en diversos sectores de la economía y campos del conocimiento, permitiendo que los sistemas aprendan, razonen y se adapten.

La inteligencia artificial (IA) ha demostrado un gran potencial para aportar valor en diversas áreas, como el análisis de datos, la simulación de procesos y la asistencia en la producción documental (Dubravoca et al., 2024). Aunque su desarrollo aún se encuentra en etapas iniciales y requiere de mayor investigación, estas tecnologías se

han convertido en un recurso clave para la toma de decisiones estratégicas en múltiples industrias. Su implementación optimiza la eficiencia operativa, reduce tiempos de proceso, disminuye errores y mejora la calidad general del trabajo. En este sentido, la IA ofrece un potencial significativo para proponer un modelo conceptual adecuado que facilite el desarrollo de software, permitiendo la analítica de datos y la resolución de problemas a partir de modelos predictivos.

El uso de la inteligencia artificial en diversos sectores de la economía ha permitido la redefinición de procesos y la generación de nuevas alternativas productivas y analíticas. En particular, en el sector bancario, la IA está revolucionando la industria, ofreciendo múltiples oportunidades para mejorar la personalización de servicios y aumentar la eficiencia operativa (Galiana et al., 2024). Sin embargo, su implementación conlleva desafíos relacionados con el tratamiento de datos y los riesgos de seguridad de la información. Es fundamental destacar que los softwares diseñados bajo protocolos de transparencia adecuados, que cumplan con las regulaciones y que comprendan las capacidades específicas de la entidad, son clave para proporcionar soluciones innovadoras, seguras y éticas.

Existen ejemplos concretos del uso de la inteligencia artificial en el sector bancario, como se describe en el artículo "Artificial Intelligence in Banking and Finance". Algunas aplicaciones clave y su impacto en la gestión de proyectos incluyen:

- **Análisis Predictivo:** La IA permite reducir significativamente el tiempo necesario para anticipar comportamientos del cliente y tendencias del mercado, facilitando a los gerentes el ajuste de sus metas basándose en datos.
- **Detección de Fraudes:** Gracias a la IA, se mejora la identificación de patrones y tendencias en tiempo real, lo que optimiza la gestión del riesgo, minimiza pérdidas y fortalece la confianza del cliente.
- **Asistentes Virtuales:** El uso de asistentes virtuales ayuda a gestionar consultas y transacciones, optimizando así los recursos humanos y permitiendo que el personal se enfoque en tareas más complejas.
- **Procesamiento de Documentos:** En JPMorgan, se han utilizado técnicas de machine learning para reducir la carga manual y el tiempo de procesamiento de documentos legales y acuerdos de préstamo, mejorando la eficiencia operativa.
- **Reconocimiento de Voz:** HSBC ha implementado la IA en su sistema de autenticación mediante reconocimiento de voz, reduciendo el tiempo de acceso de los clientes y eliminando la necesidad de usar PINs o contraseñas.

Además, la IA mejora el análisis predictivo al permitir evaluar tendencias y comportamientos pasados para prever riesgos potenciales, lo cual es especialmente útil en sistemas de crédito, mercados y operaciones (Wach & Chomiak, 2021). Su implementación no solo aporta beneficios en la toma de decisiones, sino que también minimiza la posibilidad de errores humanos, resultando en una mayor precisión y confiabilidad en la evaluación de riesgos financieros. La adopción de la IA también facilita la automatización de procesos repetitivos, liberando recursos humanos para

concentrarse en tareas más estratégicas y de alto valor, lo que contribuye a un entorno más eficiente y competitivo.

En el ámbito de la gestión de proyectos de software, la IA presenta una amplia aplicabilidad, ofreciendo herramientas y técnicas que mejoran la planificación, seguimiento y ejecución de los proyectos. Optimiza la asignación de recursos, lo que se traduce en una mejora en la eficiencia y productividad. También permite la identificación de riesgos a través de análisis predictivos y mejora la retroalimentación al analizar las opiniones de los interesados y miembros del equipo (Khan & Memon, 2021). Otra ventaja significativa de la IA en este contexto es la automatización de tareas administrativas repetitivas. Lo más relevante para esta investigación es su capacidad para mejorar la efectividad de las estimaciones de tiempo, reduciendo considerablemente las incertidumbres asociadas a estas tareas (Wang & Liu, 2020).

La creciente demanda de técnicas y modelos prácticos que faciliten la toma de decisiones en la gestión organizacional ha llevado a considerar herramientas como el soft computing, que abarca diversas metodologías para resolver problemas mediante algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de sumarización lingüística de datos (Iliana Pérez Pupo, 2020). La incorporación de técnicas de soft computing en los procesos de evaluación de proyectos ayuda a abordar la incertidumbre, la imprecisión y la vaguedad inherentes a los datos.

Gracias a su capacidad de análisis, la IA mejora significativamente la estimación de tiempos al incrementar la precisión y eficiencia del proceso. A través del uso de

algoritmos y análisis predictivos, la IA puede examinar grandes volúmenes de datos históricos de proyectos anteriores, identificando patrones y tendencias que permiten generar pronósticos más exactos sobre la duración de las tareas. Los modelos predictivos de la IA, que emplean aprendizaje automático, identifican patrones a partir de datos pasados y generan pronósticos sobre comportamientos futuros (Rincón & Vila, 2021). Así, la IA demuestra su capacidad para realizar análisis estadísticos, anticipar comportamientos y prever acontecimientos con mayor exactitud.

A continuación, se muestra el propuesto tal cual propusieron Rincón y Vila (2021)

**Figura 2** IA predictiva



Nota. Tomado de Ricón y Vila (2021; pp. 308)

El proceso predictivo, según Toro (2023), requiere el uso de tecnologías de Big Data y Data Mining para extraer la información relevante acumulada en las bases de datos. Por lo tanto, es fundamental contar con una infraestructura tecnológica capaz de procesar grandes volúmenes de información, así como de analizar, gestionar y extraer los datos necesarios. Al incorporar tecnologías de inteligencia artificial, es posible acelerar estos procedimientos y mejorar la precisión de las predicciones generadas.

Esto resulta particularmente útil para optimizar la planificación y el control de proyectos, ya que facilita la gestión no solo de los tiempos asociados a las actividades, sino también la incorporación de modelos que permiten realizar análisis sobre demanda, variabilidad, desviaciones y ajustes, entre otros aspectos.

Otra de las herramientas derivadas de la inteligencia artificial son las redes neuronales, modelos computacionales inspirados en la estructura y funcionamiento del cerebro humano. Estas redes están compuestas por unidades llamadas neuronas artificiales, que se organizan en capas interconectadas, formando un sistema capaz de aprender patrones complejos a partir de grandes volúmenes de datos. Gracias a su capacidad de aprendizaje automático y versatilidad, las redes neuronales se han convertido en una herramienta poderosa para la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016).

El funcionamiento de las redes neuronales se estructura en diferentes niveles. Las capas de entrada reciben la información inicial, mientras que las capas ocultas procesan dicha información mediante conexiones ponderadas entre neuronas. Finalmente, las capas de salida producen el resultado final, como las estimaciones de tiempo. El entrenamiento de estas redes se realiza a través del uso de datos históricos, comparando las predicciones generadas con valores reales conocidos. Durante este proceso, las redes ajustan sus parámetros internos para mejorar la precisión de las predicciones futuras.

Generalmente, las redes neuronales emplean técnicas de aprendizaje supervisado, entrenándose con conjuntos de datos previamente etiquetados. Una vez

completado este proceso de aprendizaje, la red es capaz de generar predicciones más precisas sobre la duración de actividades y tareas en proyectos de software (Haykin, 2009).

Entre las principales ventajas de los modelos computacionales basados en redes neuronales para la estimación de tiempos se encuentra su alta adaptabilidad a cualquier tipo de proyecto. Estos modelos ofrecen predicciones más precisas en comparación con los métodos tradicionales, gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos. A partir de este análisis, pueden detectar relaciones no evidentes entre las variables del proyecto, que resultan cruciales en la estimación del tiempo. Esto se traduce en una reducción significativa de la incertidumbre en el proceso de planificación, ya que las redes neuronales permiten analizar muchas más variables, y a una escala mayor, que los métodos convencionales (Schmidhuber, 2015).

Los sistemas de recomendación son una herramienta clave dentro del ámbito de la Inteligencia Artificial, conocida por su capacidad para filtrar y sugerir opciones personalizadas, basándose en patrones o preferencias anteriores. Estos sistemas procesan grandes cantidades de datos y, en función de estos, realizan predicciones sobre lo que el usuario podría preferir o necesitar, lo que los convierte en herramientas valiosas para la toma de decisiones, especialmente en la planificación de proyectos, incluyendo la estimación de tiempos (Ricci, Rokach & Shapira, 2015).

Existen tres enfoques principales sobre cómo estos sistemas aprenden y generan recomendaciones. Primero, el filtrado colaborativo, que se basa en las interacciones y comportamientos previos de los usuarios para sugerir opciones

basadas en la experiencia colectiva. Segundo, el filtrado basado en contenidos, el cual realiza sugerencias a partir de las características específicas de los datos previamente consumidos por el usuario, es decir, se enfoca más en el contenido que en las experiencias. Finalmente, los sistemas híbridos combinan ambos enfoques, aprovechando sus fortalezas y brindando predicciones mucho más precisas (Burke, 2002).

En el contexto de la estimación de tiempos, los sistemas de recomendación ofrecen múltiples beneficios. Estos permiten sugerir tiempos estimados adecuados para cada fase de un proyecto, además de identificar tareas críticas en las que se debe enfocar mayor atención. También pueden recomendar la mejor forma de asignar recursos, mejorando la productividad y reduciendo los tiempos de ejecución. Finalmente, ayudan a proponer estrategias para mitigar riesgos, basándose en patrones detectados en proyectos anteriores (Wei & Capretz, 2021).

Finalmente, Machine Learning (ML) es otra rama de la inteligencia artificial que permite a las máquinas aprender de los datos sin necesidad de ser programadas específicamente para este propósito. A diferencia de seguir instrucciones rígidas, los algoritmos de ML identifican patrones en grandes volúmenes de datos, utilizando esta información para la toma de decisiones (James, Witten, Hastie & Tibshirani, 2013).

Existen varios tipos de Machine Learning. El primero es el aprendizaje supervisado, que trabaja con datos etiquetados; un ejemplo de esto son las regresiones lineales (Smith, 2020). El segundo tipo es el aprendizaje no supervisado, que utiliza datos no clasificados ni etiquetados, permitiendo a los sistemas descubrir estructuras

ocultas en los datos. Por último, el aprendizaje por refuerzo se basa en un concepto de “recompensa”, donde el algoritmo aprende de su interacción con el entorno, prueba diferentes estrategias y ajusta sus acciones según las respuestas positivas o negativas que recibe (Sutton & Barto, 2018).

En cuanto a la estimación de tiempos, Machine Learning permite procesar grandes volúmenes de datos históricos de proyectos anteriores, analizando factores clave como los tiempos de entrega, la complejidad, los recursos y el equipo de trabajo, lo que resulta en predicciones mucho más precisas a partir de modelos de regresión. Además, el aprendizaje no supervisado puede revelar relaciones ocultas que determinan los tiempos de un proyecto y que no se habían considerado previamente. Esta capacidad permite ajustar dinámicamente las estimaciones al recibir retroalimentación en tiempo real, lo que resulta especialmente útil para la estimación de tiempos en proyectos en ejecución (Sutton & Barto, 2018).

A partir de estos modelos, se evidencia que la inteligencia artificial posee un amplio potencial de aplicación en la estimación de tiempos para la planificación de proyectos. En particular, ofrece un marco teórico robusto que permite explorar las particularidades de los proyectos de software. Esto es fundamental para abordar las especificidades de este ámbito y, en última instancia, desarrollar una guía o estructura que facilite la integración de herramientas de IA en la estimación de tiempos, especialmente en el sector bancario.

## **Metodología**

### **Enfoque Metodológico**

De acuerdo con las características de los objetivos planteados, se propone un enfoque metodológico mixto que combine técnicas cualitativas y cuantitativas. Este enfoque, según lo planteado por (Creswell & Plano Clark, 2011), "implica la recolección, análisis e integración de datos tanto cuantitativos como cualitativos en un mismo estudio o en una serie de estudios". El propósito principal de su aplicación es recoger la mayor cantidad de información posible, con el fin de diseñar una estructura que integre herramientas de inteligencia artificial en los procesos de estimación de tiempos de proyectos de desarrollo de software.

La recolección de datos se llevará a cabo de manera concurrente, combinando tanto la exploración cualitativa como el análisis cuantitativo. En la fase cualitativa, se explorarán las diversas herramientas de Inteligencia Artificial (IA) con el objetivo de comprender su campo de aplicación y cómo estas pueden adaptarse al problema de investigación. Paralelamente, se realizará un análisis cuantitativo de datos históricos de proyectos de una entidad financiera, con el fin de identificar los factores que influyen en el incumplimiento de los tiempos de planificación. Finalmente, se integrarán los factores identificados con las herramientas de IA estudiadas, proporcionando una visión más completa del problema y permitiendo proponer una estructura sólida para la integración de estas herramientas en los procesos de estimación de tiempos.

Dentro de las ventajas que cuenta este enfoque está la validación cruzada entre los datos cualitativos y cuantitativos, ya que el resultado final esperado requiere de los hallazgos derivados de cada uno de estos enfoques, así mismo permite tener flexibilidad en cuanto a los datos que se vayan encontrando y con esto poder definir de mejor manera como es la aplicación de las herramientas de la IA dependiendo de sus

características y los factores claves identificados a partir de los diferentes datos recolectados, con lo cual se fundamenta la elección del enfoque mixto propuesto.

Esta investigación es de tipo transversal, ya que abarca diferentes áreas del conocimiento, como la gestión de proyectos, la computación y la inteligencia artificial, integrándolas para proponer una solución de estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software en el sector bancario mediante herramientas de inteligencia artificial. Dada la naturaleza de las actividades y temas abordados, se trata de una investigación no experimental, basada en el análisis de datos históricos y la información disponible, con el objetivo de diseñar una estructura que cumpla con los objetivos planteados.

### **Alcance**

El presente estudio se enmarca en un alcance de nivel descriptivo-explicativo, ya que no solo se busca describir las herramientas de inteligencia artificial (IA) aplicables a la estimación de tiempos en proyectos de software, sino también explicar cómo estas herramientas pueden integrarse en los procesos de estimación de tiempos dentro del sector bancario.

En primer lugar, el alcance descriptivo se evidencia en el enfoque cualitativo del estudio, el cual se centra en explorar y describir diversas herramientas de IA que podrían ser aplicadas a la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software. Sin embargo, no solo se hará hincapié en su aplicación en este campo específico, sino que también se describirá cómo estas herramientas han sido adaptadas en otros contextos, además de detallar sus principales características.

Este nivel descriptivo es adecuado para el enfoque cualitativo, ya que, como señalan Sampieri, Collado y Lucio (2014), los estudios descriptivos tienen como objetivo "especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis". En este caso, se busca obtener un entendimiento profundo de las herramientas de IA, ofreciendo una imagen clara y detallada de sus características para que sirvan como base para los resultados esperados.

Por otro lado, el alcance explicativo se materializa en la fase en la que se determinan los factores que influyen en la estimación de tiempos, y cómo estos factores impactan en el incumplimiento de los tiempos planificados en los proyectos. Para ello, se utilizarán datos históricos de una entidad bancaria, y mediante un enfoque cuantitativo se establecerán relaciones entre los factores identificados y su influencia en la precisión de las estimaciones de tiempo.

Este nivel explicativo es fundamental porque, a diferencia del descriptivo, no se limita a describir fenómenos, sino que busca entender las causas subyacentes y explicar por qué ocurren. Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), "los estudios explicativos van más allá de la simple descripción, pues pretenden dar cuenta de las razones y causas que originan los fenómenos estudiados". Asimismo, Kerlinger (2002) afirma que los estudios explicativos permiten responder a los "porqués" de los fenómenos a través de la identificación de relaciones causa-efecto. En este contexto, el enfoque explicativo es el más adecuado para el análisis, ya que permite entender los factores que afectan negativamente la estimación de tiempos y, por ende, el desarrollo planificado de los proyectos de software.

En resumen, el enfoque descriptivo permitirá obtener una visión clara de las herramientas de IA, aportando una base sólida para entender su relevancia en la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software. Por su parte, el enfoque explicativo será crucial para identificar las causas que generan el incumplimiento de los tiempos planificados, estableciendo relaciones claras entre los factores influyentes y las fallas en la planificación. La combinación de ambos alcances contribuirá significativamente al propósito de la investigación, proporcionando tanto una descripción detallada de las herramientas como una explicación fundamentada de los fenómenos que afectan la precisión en la estimación de tiempos, lo cual es esencial para proponer un modelo que integre herramientas de IA en el proceso de planificación.

Objetivo específico	Actividades	Resultados esperados	Responsable	Fecha
1. Identificar las herramientas de inteligencia artificial aplicables a la	1.1 Revisión de literatura de herramientas de IA en la estimación de tiempos.	1.1 Listado de herramientas de IA relevantes.	Cesar Acosta	31/10/24

estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software	1.2 Definiciones conceptuales de las herramientas de IA.	1.2 Aplicabilidad y relevancia de las herramientas de IA en la estimación de tiempos en de proyectos de desarrollo de software.		
	1.3 Elaboración de matriz para la selección de herramienta de IA más adecuada.	1.3 Matriz de evaluación de herramientas de IA.		
	1.4 Evaluación y resultados de la herramienta seleccionada según la Matriz.	1.4 Resultados de la evaluación matriz		
2. Identificar los factores claves que inciden en la estimación de tiempos, así como los	2.1 Establecer la ecuación de búsqueda para poder consolidar la base de datos con la cual se llevará a	2.1 Ecuación de búsqueda del sistema de gestión de proyectos	Andrés Pachón	5/11/24

principales limitaciones y desafíos que se presentan con el modelo actual	cabo el análisis cuantitativo			
	2.2 Aplicar la ecuación de búsqueda, generar la base de datos y realizar una revisión de esta con el fin de que los datos cumplan con las características necesarias	2.2 Base de datos inicial de los proyectos en el rango de tiempo definido	Andrés Pachón	5/11/24
	2.3 De la base de datos resultante, identificar los registros que presentan incumplimiento con el fin de con estos poder realizar la regresión múltiple propuesta	2.3 Muestra de datos final de los proyectos con retrasos en tiempos	Andrés Pachón	7/11/24
	2.4 Ajustar los datos categóricos de la	2.3 Muestra de datos final de los	Andrés Pachón	7/11/24

variable de Factores de incumplimiento con el fin de que estos se puedan analizar mediante la regresión múltiple	proyectos con retrasos en tiempos y con el ajuste sobre la variable de Factores de incumplimiento		
2.5 Con la ayuda de la herramienta Julius IA, llevar a cabo la regresión múltiple con el fin de aceptar o rechazar las hipótesis nulas planteadas	2.5 Resultados del análisis realizado mediante la regresión múltiple	Andrés Pachón	8/11/24
2.6 Realizar el análisis de los resultados obtenidos con el fin de establecer la posible relación de las variables dependientes con la variable independiente y que	2.6 Análisis de resultados obtenidos, evidenciando la relación entre las variables	Andrés Pachón	8/11/24

	esto sirva como base para la construcción de la estructura			
3. Proponer una estructura para la integración de herramientas de inteligencia artificial en la estimación de tiempos para proyectos de desarrollo de software	3.1 Análisis de los resultados de los objetivos 1 y 2 para determinar la propuesta de integración de las herramientas de IA	3.1 Análisis de los resultados de los objetivos 1 y 2	Daniel Mendoza	9/11/24
	3.2 Realizar propuesta de integración de las herramientas basado en los criterios metodológicos planteados	3.2 Propuesta de estructura de integración de herramientas de IA	Daniel Mendoza	10/11/24
	3.3 Realizar conclusiones finales y pasos seguir	3.3 Conclusiones y pasos a seguir	Daniel Mendoza	10/11/24

## Objetivo 1

Para identificar las herramientas de inteligencia artificial adecuadas para estimar tiempos en proyectos de desarrollo de software, se toman en cuenta estos componentes:

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>
Aplicabilidad en proyectos de software	La capacidad de integrarse y usar en varios proyectos de desarrollo de software complejos.	¿Es posible utilizar la herramienta en proyectos de software y cuáles son sus funciones?	Integración, funciones específicas, compatibilidad con lenguajes y métodos.
Relevancia para la estimación de tiempos	La capacidad de hacer predicciones precisas sobre los tiempos de ejecución de tarea	Evaluación de confiabilidad y precisión de la predicción basada en inteligencia artificial.	La tasa de error, algoritmos de predicción y precisión de la estimación.
Los Costos de Implementación y agregados	Precio o costo asociado al uso de la herramienta, incluyendo diferentes aspectos	Precio mensual o anual por usuario y los costos adicionales	Costo de compra, costos frecuentes, costos adicionales,

	como licencias y costos de implementación.	asociados según el caso o herramienta.	relación precio y rendimiento.
--	--	--	--------------------------------

Este cuadro nos da una perspectiva más clara donde se presentan 5 variables para el análisis de las herramientas de inteligencia artificial adecuadas para estimar tiempos en proyectos de desarrollo de software, estas van a evaluarse por medio de la aplicabilidad en proyectos de software, relevancia para la estimación de tiempos, dificultad/facilidad en el uso, La escalabilidad y Los Costos de Implementación y agregados. Todo esto con el fin de dar más claridad y facilitar la comprensión y alcance de las herramientas, al tener estas variables bien definidas lo que nos da una base sólida para la toma de decisiones fundamentales.

### **Objetivo 2**

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>
Estimación de tiempos	Cantidad de tiempo que se estima en completar un proyecto	Número de días estimados para completar un proyecto, el cual se obtiene del plan de trabajo de este en el software de gestión de proyectos	<b>Tiempo estimado:</b> cantidad de tiempo planificado  <b>Tiempo real:</b> duración efectiva

			<b>Diferencia:</b> diferencia entre el tiempo estimado vs el real
Factores de incumplimiento	Factores que influyen en que los proyectos no cumplan con los tiempos planeados	Se obtiene de las causas de los retrasos registradas en el software de gestión de proyectos	<p><b>Factores internos:</b></p> <p>Problemas relacionados con la gestión, asignación de recursos, conocimiento del equipo, fallas de comunicación</p> <p><b>Factores externos:</b></p> <p>Cambios en los requerimientos, dependencia de terceros, cambios de regulación.</p> <p><b>Factores tecnológicos:</b> Fallas en los sistemas, concurrencias, falta de infraestructura</p>

			<b>Factores de gestión:</b> Poca experiencia del equipo, errores en la planificación inicial, carencia de liderazgo.
<b>Complejidad del proyecto</b>	Hace referencia al grado de dificultad asociado con la implementación y desarrollo de un proyecto en función de la cantidad de dependencias	La complejidad se puede medir a través de la variable de número de interdependencias técnicas, tecnológicas o de equipo con áreas o actores externos	<b>Interdependencias:</b> número de áreas con las que hay relación

De acuerdo con la información disponible, se han definido tres variables de estudio, las cuales, según el análisis de los datos y la información que se espera obtener, son suficientes para alcanzar los resultados deseados. La estimación de tiempos constituye la variable central, dado que es el núcleo de la investigación, al permitir medir la diferencia entre los tiempos planeados y los reales. La segunda variable, factores de incumplimiento, busca identificar los elementos que influyeron

en el incumplimiento de los plazos, agrupándolos en cuatro grandes categorías que facilitan su análisis. Por último, la complejidad del proyecto permite explicar la relación entre la naturaleza del proyecto y la precisión en la estimación de los tiempos, ayudando a comprender qué tipo de proyectos son más susceptibles a beneficiarse de la aplicación de herramientas de inteligencia artificial durante la fase de planificación.

### **Población y Muestra**

De acuerdo con lo planteado en el problema de investigación, el estudio se centrará en la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software dentro del sector financiero. Específicamente, para esta investigación se llevará a cabo un estudio de caso en una entidad financiera que opera a nivel nacional. Por razones de confidencialidad, no se revelará el nombre de la entidad, aunque se puede señalar que esta cuenta con más de 50 años de trayectoria en el país y presencia en más de 122 municipios. Además, forma parte de un grupo financiero global fundado hace más de 150 años, con operaciones en Europa y América. Actualmente, esta entidad se encuentra entre las cinco más importantes del país, de acuerdo con su participación en el mercado, y tiene un enfoque claro en la transformación digital, lo que la convierte en un caso de estudio ideal para los objetivos de esta investigación.

Los datos a analizar corresponden a proyectos desarrollados por equipos que trabajan bajo marcos ágiles iniciados desde el 1 de octubre de 2023 y que tengan fecha planeada de finalización el 31 de octubre del 2024. Este rango se definió de esta manera, ya que a partir del 1 de octubre del 2023 se dispone de información consistente en el sistema de gestión de proyectos utilizado por la entidad. Este

sistema permite observar detalladamente la gestión del proyecto en cada una de sus fases y proporciona los datos necesarios para analizar las variables definidas bajo el enfoque metodológico propuesto en esta investigación.

### **Selección de métodos o instrumentos para recolección de información**

#### **Objetivo 1**

La evaluación de las variables presentadas para el objetivo se llevarán a cabo a través del análisis de artículos científicos que aborden las temáticas relacionadas con las herramientas de IA y de los cuales se pueda extraer información para poder determinar su posible aplicabilidad en la estimación de tiempos en los proyectos de desarrollo de software. La búsqueda de estos artículos se dará a través de la búsqueda en bases de datos académicas, y mediante la conformación de ecuaciones de búsqueda independientes por cada una de las herramientas analizadas

#### **Objetivo 2**

La información utilizada en esta investigación proviene directamente del sistema de gestión de proyectos de la entidad financiera objeto de estudio, que en este caso es Jira, el cual es desarrollado por la empresa Atlassian y tiene como lenguaje de programación básico Java. Este sistema ofrece un registro detallado de los datos históricos relacionados con los proyectos de desarrollo de software, que incluye aspectos como la planificación de tiempos, el seguimiento de hitos, los recursos asignados y los resultados obtenidos.

Gracias a esta base de datos, se tiene acceso a información precisa y actualizada, lo que permite realizar un análisis exhaustivo de las variables seleccionadas, tales como la estimación de tiempos, los factores que inciden en el incumplimiento de los

plazos y la complejidad de los proyectos. La fiabilidad y consistencia de estos datos aseguran la validez del análisis cuantitativo, lo cual es fundamental para la identificación de patrones significativos. Estos hallazgos sustentarán el modelo propuesto para la integración de herramientas de inteligencia artificial en la estimación de tiempos en los proyectos de desarrollo de software.

La ecuación de búsqueda a implementar en el proceso será la siguiente:

*issuetype = Feature AND status = Deployed AND NOT status = New AND "Team Backlog Geography" = Colombia AND ("Team Backlog" ~ GLOMO OR "Team Backlog" ~ CS) AND "Type of Delivery" = "Customer Delivery" AND created >= 2023-10-01 AND created <= 2024-09-30 ORDER BY created DESC, lastViewed DESC*

### **Objetivo 3**

El objetivo 3 cuenta con la particularidad de que se alimenta de los hallazgos encontrados en los objetivos 1 y 2, ya que el objetivo es realizar el cruce entre estos resultados y de esta manera tener la base para proponer la estructura de integración de las herramientas de inteligencia artificial a la estimación de tiempos en los proyectos de desarrollo.

### **Técnicas de análisis de datos**

#### **Objetivo 1**

Para el análisis de datos, se propone la construcción de una matriz que evaluará un conjunto de herramientas seleccionadas con base en criterios o variables previamente definidos. El número de herramientas a analizar en la matriz oscilará entre 3 y 5, con el objetivo de obtener información precisa y de alta calidad que se

ajuste a los criterios seleccionados. Esto permitirá desarrollar una matriz en la que se reflejen todos los aspectos relevantes para la investigación, facilitando así la identificación de la herramienta que mejor se adecúe o se integre a los lineamientos requeridos.

Los criterios establecidos para la evaluación de las herramientas incluyen: aplicabilidad en proyectos de software, relevancia en la estimación de tiempos y costo de implementación. Se le asignará una puntuación de 1 al 5 para cada variable, donde 1 representa un nivel muy bajo de cumplimiento y 5, un nivel muy alto. Ponderando así a cada variable de acuerdo con su importancia relativa, lo que permitirá identificar los aspectos más relevantes que se evalúan de cada herramienta. De este modo, se contará con un respaldo sólido para justificar la calificación otorgada a cada herramienta.

## **Objetivo 2**

De acuerdo con la muestra que se tiene para el estudio, así como la cantidad de variables, la técnica a utilizar para el análisis de datos será la regresión múltiple, la cual es una técnica de estadística fundamental que permite analizar la relación entre una variable dependiente y dos o más variables independientes (Cohen J, Cohen P, West & Aiken, 2013) . En el contexto del presente estudio, en donde se buscará analizar como las variables de factores de incumplimiento y complejidad del proyecto afectan a la desviación de estimación de tiempos, con lo cual esta regresión múltiple es ideal, ya que permite cuantificar y modelar estas relaciones de manera detallada.

La regresión múltiple se basa en la siguiente ecuación general:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

Donde:

Y: es la variable dependiente (Estimación de tiempos)

$X_1, X_2, \dots, X_n$ : variables independientes (Factores de incumplimiento y Complejidad del proyecto)

$\beta_0$ : es el intercepto, que representa el valor esperado de Y cuando todas las variables independientes son cero.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ : son los coeficientes de regresión que indican el cambio en la variable dependiente Y por cada unidad de cambio en las variables independientes  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

$\epsilon$ : es el término de error, que representa las variaciones no explicadas por las variables independientes.

Con el fin de establecer claramente lo que se espera encontrar en la relación de las variables y que de esta manera se oriente la interpretación de los resultados, se plantearan hipótesis las cuales ayudan a definir si existe una relación significativa entre las variables independientes y la variable dependiente. Para el caso de la regresión múltiple se plantea una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, para cada una de las variables independientes que se estén estudiando (Montgomery, Peck & Vining, 2021), estas hipótesis se definen así:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Es la hipótesis que indica que no hay relación significativa entre las variables independientes y la variable dependiente.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Es la hipótesis que indica que sí hay una relación significativa entre las variables independientes y la variable dependiente.

De acuerdo a lo anterior se plantean las siguientes hipótesis

**General**

$H_0$ : Ninguna variable ( $X_n$ ) tiene un efecto significativo en la estimación de tiempos ( $Y$ ).

$H_1$ : Alguna variable ( $X_n$ ) tiene un efecto significativo en la estimación de tiempos ( $Y$ ).

**Complejidad del proyecto**

$H_{01}$ : La complejidad del proyecto ( $X_1$ ) no tiene un efecto significativo en la estimación de tiempos ( $Y$ ).

$H_{11}$ : La complejidad del proyecto ( $X_1$ ) tiene un efecto significativo en la estimación de tiempos ( $Y$ ).

**Factores de incumplimiento**

$H_{0n}$ : Los factores de incumplimiento ( $X_n$ ) no tienen un efecto significativo en la estimación de tiempos ( $Y$ ).

$H_{1n}$ : Los factores de incumplimiento ( $X_n$ ) tienen un efecto significativo en la estimación de tiempos ( $Y$ ).

**Objetivo 3**

Teniendo ya en cuenta los factores claves que inciden en los tiempos, así como de sus limitaciones, se establecerá una estructura básica que permita tener una idea de cómo debería integrar la inteligencia artificial (IA) para la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software. Todo lo mencionado anteriormente, permitirá asignar mejor los recursos y una respuesta rápida a los cambios en el proyecto (Schmidt et al., 2020). Con el fin de poder realizar esta estructuración a continuación se muestran los factores

que se tendrán en cuenta a la hora de realizar la integración de las herramientas en el proceso de estimación de tiempos:

1. Elección de herramienta de IA:

Al elegir la herramienta de inteligencia artificial (IA), además del cumplimiento de las variables estudiadas en el marco del objetivo 1, esta debe tener tres criterios mínimos para su selección:

- Precisión: Debe ser una herramienta con alto grado de precisión y que se haya comprobado su uso en aplicaciones similares dentro de la industria.
- Escalabilidad: Debe ser fácil de adaptar a diferentes tamaños, complejidad en proyectos y actualmente (Kahsay et al., 2022).
- Integración: Debe ser capaz de integrarse con otras herramientas ya existentes dentro de la empresa

2. Estimación de tiempos mediante el modelo basado en la IA:

La integración de las herramientas de IA debe tomar en cuenta las limitaciones y el alcance de los proyectos, y debe garantizar que se cumpla la parte normativa y los ciclos de desarrollo (Rafique et al., 2020).

3. Fuente de datos:

Se debe garantizar una fuente de datos limpia y la creación de un repositorio de datos para garantizar acceso a la información necesaria para el entrenamiento de la herramienta de IA

4. Integración:

Una vez se tenga establecido los algoritmos y fuente de datos, se debe idear una forma de recopilar la información. El entrenamiento del modelo debe tener la capacidad para

dividir los datos en conjuntos de entrenamiento, validación y prueba para evitar que el modelo sea entrenado erróneamente. Por último, para validar el modelo se debe realizar una implementación piloto para validar la eficacia del modelo en un entorno real o el feedback de los usuarios finales con el fin de hacer ajustes al modelo.

#### 5. Documentación y Capacitación:

Una vez validado el funcionamiento se debe definir Métricas de evaluación, retroalimentación continua y proporcionar una guía del usuario, así como la capacitación del equipo para garantizar que se fomente un aprendizaje continuo y una adaptación a nuevas tecnologías.

### **Presentación y análisis de Resultados**

#### **Objetivo 1**

##### ***Revisión de literatura de herramientas de IA en la estimación de tiempos***

Se realizó una revisión bibliográfica en diversas bases de datos para identificar herramientas de inteligencia artificial aplicables en la estimación de tiempos de proyectos de desarrollo de software. Durante este análisis, se destacaron varias herramientas relevantes, tales como GanttPRO, GitHub Copilot, Wrike, Scoro, Monday.com y LiquidPlanner. Aunque cada herramienta emplea estrategias diferentes, todas comparten el objetivo de optimizar los tiempos de desarrollo en proyectos, ofreciendo funcionalidades como la estimación de fechas de actividades, recordatorios de tareas, asignación de recursos, y mejora de la productividad. Estas herramientas aplican técnicas de *machine learning*, lo que permite aprovechar algoritmos predictivos que mejoran la precisión en la planificación y ejecución de proyectos.

Este enfoque es fundamental para el desarrollo de proyectos, ya que facilita la organización desde el inicio, con prioridades y plazos claramente definidos. Así, la utilización de estas

plataformas permite visualizar planes y actividades de forma integrada, lo que contribuye a mejorar los tiempos de desarrollo y entrega de los proyectos.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis comparativo de las herramientas investigadas para seleccionar aquellas que mejor se ajustaran a los criterios de la investigación. Entre ellas, GitHub Copilot, Monday.com y LiquidPlanner destacaron por su equilibrio entre optimización del desarrollo, precisión en la estimación de tiempos y capacidad de planificación. A continuación, se presentan las características de estas herramientas en cuanto a su aplicabilidad y relevancia en la estimación de tiempos, así como sus costos asociados:

### **GitHub Copilot**

Utiliza el modelo de lenguaje Codex, el cual sugiere código basado en el nombre de funciones y variables proporcionadas por el usuario (Jaworski & Dariusz, 2023). Esto facilita una programación más rápida y eficiente, reduciendo significativamente los tiempos de desarrollo y mejorando la organización del flujo de trabajo. La suscripción para la versión empresarial tiene un costo de 19 USD por usuario al mes, mientras que la versión individual tiene un costo de 10 USD al mes o 100 USD al año (GitHub, 2024).

### **Monday.com (con IA)**

Esta plataforma utiliza inteligencia artificial para anticipar plazos y generar cronogramas automáticos. Permite la personalización de flujos de trabajo, supervisión de cargas y actividades, y mejora la colaboración y la visibilidad del proyecto (Baul et al., 2022). El plan estándar tiene un costo de 14 USD por usuario al mes, y el plan Pro, con funcionalidades avanzadas, cuesta entre 20 y 23 USD al mes (Monday.com, 2023).

### **LiquidPlanner**

Utiliza un enfoque de estimación probabilística para gestionar la incertidumbre en los proyectos. Emplea inteligencia artificial predictiva para proporcionar estimaciones de tiempo más precisas y ajustarse en tiempo real al progreso del proyecto (Cicibas et al., 2010). El plan

profesional cuesta 28 USD al mes, mientras que el plan empresarial tiene un costo de 42 USD al mes (LiquidPlanner, 2024).

### 1.3 Elaboración de matriz para la selección de herramienta de IA más adecuada.

Para seleccionar la herramienta de inteligencia artificial más adecuada, se desarrolló una matriz de selección que incluyó tres opciones. Esta matriz permitió realizar un análisis más efectivo y detallado de cada herramienta, facilitando la identificación de aquella que mejor se ajusta a los requisitos establecidos. En este proceso, se realizó una comparación objetiva y estructurada, lo cual optimizó la evaluación y comprensión de los diversos factores relevantes. La matriz evaluó variables clave como la aplicabilidad en proyectos de software, la relevancia para la estimación de tiempos, y los costos tanto de implementación como de mantenimiento. A cada herramienta se le asignó una calificación en una escala del 1 al 5 para cada variable, donde 1 representa un nivel muy bajo de cumplimiento y 5, un nivel muy alto. Este sistema de puntuación permitió cuantificar el desempeño de cada herramienta en relación con los criterios definidos y, finalmente, seleccionar la opción más alineada con los objetivos de la investigación.

**Figura 3** Variables a evaluar en la selección de la herramienta de IA

<b>VARIABLE</b>	<b>GitHub Copilot</b>	<b>LiquidPlanner</b>	<b>Monday.com</b>
Aplicabilidad en proyectos de software	4	5	4
Relevancia para la estimación de tiempos	2	4	3
Los Costos de Implementación y agregados	4	4	3

**Resultados de la herramienta seleccionada según la Matriz.**

Después de aplicar las ponderaciones correspondientes, LiquidPlanner se destaca como la opción más favorable. Esta herramienta ofrece una capacidad predictiva notable, adaptable a proyectos de diferentes escalas, y presenta un costo competitivo, lo que la convierte en una opción ideal para empresas que buscan optimizar la estimación de tiempos en proyectos de software. Monday.com y GitHub Copilot también son altamente recomendables, debido a su balance entre los distintos criterios evaluados. Estas herramientas sobresalen en aspectos como la generación de código, la implementación de IA para estimaciones de tiempo, y la facilitación en la gestión de tareas, resultando especialmente efectivas en la gestión de proyectos complejos.

## **Objetivo 2**

### ***Datos analizados***

Para esta investigación, se consolidaron datos de los proyectos realizados entre el 1 de octubre de 2023 y el 31 de octubre de 2024 que presentaron retrasos. Tras aplicar criterios de calidad y completitud, se obtuvo un total de 42 registros válidos, los cuales incluían las siguientes variables:

- Estimación de tiempos (días de retraso)
- Complejidad del proyecto (número de dependencias con áreas externas al proyecto)
- Factores de incumplimiento (categóricos: internos, externos, tecnológicos, gestión)

Estimación de tiempos	Complejidad del proyecto	Factores de Incumplimiento
71	8	Factores externos
10	9	Factores tecnológicos
4	2	Factores internos
4	6	Factores internos
11	4	Factores internos

13	10	Factores externos
7	5	Factores de gestión
2	10	Factores internos
3	2	Factores internos
3	6	Factores internos
3	6	Factores internos
7	8	Factores de gestión
2	3	Factores internos
1	4	Factores internos
13	2	Factores internos
10	4	Factores internos
16	7	Factores internos
15	10	Factores externos
2	6	Factores internos
34	3	Factores externos
5	8	Factores internos
20	3	Factores de gestión
7	3	Factores internos
4	3	Factores de gestión
6	3	Factores internos
27	3	Factores externos
9	14	Factores de gestión
1	7	Factores internos
25	7	Factores de gestión

2	4	Factores internos
1	3	Factores internos
6	3	Factores internos
9	9	Factores internos
3	11	Factores internos
6	3	Factores internos
42	6	Factores externos
61	3	Factores externos
9	3	Factores de gestión
3	6	Factores internos
14	4	Factores internos
1	5	Factores internos
3	7	Factores internos

### ***Transformación de datos***

Dado que la variable "Factores de Incumplimiento" es categórica, se aplicó una técnica de One-Hot Encoding para convertir cada categoría en columnas binarias (0 o 1) que representan la presencia o ausencia de cada factor en los proyectos. Esto permitió incluir estos factores en el análisis de regresión. A continuación, se encuentra la muestra de los datos procesados:

Estimación de tiempos	Complejidad del proyecto	Factores internos	Factores externos	Factores tecnológicos	Factores de gestión
71	8	0	1	0	0
10	9	0	0	1	0
4	2	1	0	0	0

4	6	1	0	0	0
11	4	1	0	0	0
13	10	0	1	0	0
7	5	0	0	0	1
2	10	1	0	0	0
3	2	1	0	0	0
3	6	1	0	0	0
3	6	1	0	0	0
7	8	0	0	0	1
2	3	1	0	0	0
1	4	1	0	0	0
13	2	1	0	0	0
10	4	1	0	0	0
16	7	1	0	0	0
15	10	0	1	0	0
2	6	1	0	0	0
34	3	0	1	0	0
5	8	1	0	0	0
20	3	0	0	0	1
7	3	1	0	0	0
4	3	0	0	0	1
6	3	1	0	0	0
27	3	0	1	0	0
9	14	0	0	0	1

1	7	1	0	0	0
25	7	0	0	0	1
2	4	1	0	0	0
1	3	1	0	0	0
6	3	1	0	0	0
9	9	1	0	0	0
3	11	1	0	0	0
6	3	1	0	0	0
42	6	0	1	0	0
61	3	0	1	0	0
9	3	0	0	0	1
3	6	1	0	0	0
14	4	1	0	0	0
1	5	1	0	0	0
3	7	1	0	0	0

### ***Análisis del Modelo de Regresión***

Para analizar la relación entre la estimación de tiempos y las demás variables, se aplicó un modelo de regresión lineal de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) mediante Julius que es una herramienta de Inteligencia Artificial que permite el análisis y visualización de datos apoyado en la herramienta de Python. Este modelo evaluó el efecto de cada variable en los tiempos estimados de los proyectos, lo cual se presenta a continuación:

**Figura 4** Lista de regresión

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	<u>Estimacion tiempos</u>	R-squared:	0.619			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.578			
Method:	Least Squares	F-statistic:	15.06			
Date:	Sun, 10 Nov 2024	Prob (F-statistic):	2.15e-07			
Time:	16:08:23	Log-Likelihood:	-153.34			
No. Observations:	42	AIC:	316.7			
Df Residuals:	37	BIC:	325.4			
Df Model:	4					
Covariance Type:	<u>nonrobust</u>					
	<u>coef</u>	<u>std err</u>	<u>t</u>	<u>P&gt; t </u>	<u>[0.025</u>	<u>0.975]</u>
<u>const</u>	15.4221	11.119	1.387	0.174	-7.107	37.951
<u>Complejidad</u>	-0.6025	0.556	-1.083	0.286	-1.730	0.525
<u>Factores Factores de gestion</u>	-0.1499	10.731	-0.014	0.989	-21.894	21.594
<u>Factores Factores externos</u>	25.8501	10.731	2.409	0.021	4.106	47.594
<u>Factores Factores internos</u>	-7.1207	10.339	-0.689	0.495	-28.069	13.827
<u>Omnibus:</u>	17.015	<u>Durbin-Watson:</u>	1.784			
<u>Prob(Omnibus):</u>	0.000	<u>Jarque-Bera (JB):</u>	32.482			
<u>Skew:</u>	0.999	<u>Prob(JB):</u>	8.84e-08			
<u>Kurtosis:</u>	6.816	<u>Cond. No.</u>	85.6			
Notes:						
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.						

**Resultados del Análisis**

Con un nivel de significancia de 0.05, el análisis global del modelo reveló un p-valor de 2.15e-07, lo cual indica que al menos una de las variables tiene una relación significativa con la estimación de tiempos. Los principales resultados incluyen:

- $R^2 = 0.619$ : El modelo explica el 61.9% de la variabilidad en la estimación de tiempos.
- $R^2$  ajustado = 0.578: Después de ajustar por el número de predictores, el modelo explica el 57.8% de la variabilidad.

Al evaluar los efectos individuales de cada variable:

- Factores Externos: Única variable estadísticamente significativa, con un efecto positivo en los tiempos de estimación. Esto sugiere que los proyectos influenciados por factores externos tienden a presentar mayores tiempos de retraso.
- Complejidad del Proyecto: Aunque presenta un efecto negativo en la estimación de tiempos (coeficiente = -0.6), no es estadísticamente significativo ( $p = 0.286$ ).

- Otros Factores (Internos, Tecnológicos, Gestión): No mostraron una relación significativa con la estimación de tiempos en este análisis.

Estos resultados sugieren que los factores externos son los principales determinantes en los retrasos de los proyectos, mientras que la complejidad del proyecto y otros factores internos no mostraron una relación estadísticamente significativa en este modelo. En consecuencia, se recomienda que cualquier modelo de estimación de tiempos en proyectos futuros considere explícitamente la influencia de factores externos, ya que su impacto en los retrasos es notable.

Es importante señalar que el  $R^2$  obtenido (61.9%) indica una capacidad explicativa moderada, lo cual sugiere que otras variables no incluidas en este modelo podrían también influir en los tiempos de estimación. Sería conveniente en futuras investigaciones incorporar una mayor cantidad de datos y considerar otras variables potencialmente relevantes.

### **Objetivo 3**

Luego de la evaluación de los objetivos 1 y 2, se procedió a construir una estructura para implementar herramientas de inteligencia artificial en la estimación de tiempos en proyectos de desarrollo de software en el sector bancario. En cuanto al análisis del objetivo 1, se evaluaron tres herramientas con algoritmos de inteligencia artificial, comúnmente empleadas en proyectos de desarrollo de software y sus procesos de estimación. A partir de los criterios de evaluación definidos en esta investigación, se seleccionó una de estas herramientas por su alineación con el objetivo general de la investigación y su contribución a la estructura de integración de IA en la estimación de tiempos.

Los resultados del objetivo 2 mostraron que, entre los factores de incumplimiento, solo uno presentó una relación significativa con la variable independiente de estimación de tiempos, que se mide en días entre la fecha final planeada y la real. Este factor, identificado como "factores externos", incluye elementos como cambios de alcance, dependencias externas o

ajustes regulatorios. Aunque estos imprevistos son difíciles de predecir, su impacto en los tiempos de los proyectos podría mitigarse mediante un modelo adecuado. En cuanto a la complejidad del proyecto y otros factores analizados, estos no mostraron una significancia estadística que permitiera rechazar la hipótesis, sugiriendo que pueden o no afectar la estimación de tiempos, según los datos analizados.

La capacidad explicativa del modelo es moderada, lo que sugiere que se han omitido variables que podrían influir en el cumplimiento de las estimaciones de tiempo. Sin embargo, dado el alcance de esta investigación, dichos factores no se consideran en el presente análisis y se sugieren para futuras investigaciones.

Con base en estos resultados, se propone una estructura básica para implementar herramientas de IA en la estimación de tiempos. Esta estructura consta de nueve elementos clave, basados en la herramienta seleccionada, los factores identificados que influyen en los tiempos de los proyectos, y la literatura existente sobre la implementación de IA en contextos aplicables.

### ***Propuesta de estructura de integración***

1. **Definición de Objetivos de Implementación:** La integración de inteligencia artificial en la estimación de tiempos de proyectos tiene como objetivo de realizar las proyecciones de entrega y reducir los desvíos entre el tiempo estimado y el tiempo real. Se propone un modelo que pueda aprender de los datos históricos y ajustar sus predicciones con base en factores internos y externos identificados. (McCarthy & Hodgins, 2020).
2. **Evaluación del Estado Actual del Sistema:** Antes de implementar la herramienta de IA, se realizará una evaluación exhaustiva del sistema de gestión de proyectos actual, identificando las principales áreas de mejora en las estimaciones de tiempo. Este

análisis proporcionará una línea de base que permitirá medir objetivamente el impacto de la IA (Choudhury, 2022)

3. **Selección y Configuración de la Herramienta de IA:** Tras evaluar diferentes opciones, se seleccionó **LiquidPlanner** debido a sus capacidades predictivas y la opción de ajustar las estimaciones en tiempo real. Sin embargo, se continuará evaluando otras herramientas para garantizar que LiquidPlanner siga siendo la mejor opción conforme avance la implementación. (Choudhury, 2022)
4. **Estructuración de Factores Externos:** Los factores externos que afectan los proyectos serán clasificados de manera que el modelo pueda identificar patrones y anticiparse a ellos. Para ello, estos factores serán documentados con etiquetas específicas, permitiendo agrupar incidentes similares y mejorar la precisión en proyectos futuros (PMI, 2021).
5. **Validación Continua de Resultados con Expertos:** Durante las primeras iteraciones, los resultados de las estimaciones generadas por la IA serán validados por expertos en gestión de proyectos de la organización. Esta medida permitirá ajustar el modelo y minimizar posibles errores iniciales en la predicción de tiempos (Brynjolfsson & McAfee, 2017).
6. **Mantenimiento de la Calidad de Datos y Cultura de Datos:** Para optimizar el rendimiento del modelo de IA, se implementarán prácticas de revisión periódica de los datos ingresados al sistema, junto con capacitaciones al equipo. Estas iniciativas asegurarán que la información utilizada sea completa y precisa, maximizando así el aprendizaje del modelo (LeSage & Goldberg, 2019).
7. **Establecimiento de un Ciclo de Retroalimentación Continua:** Se definirá un ciclo de retroalimentación continua con el equipo de proyecto, ajustando los algoritmos de IA en función de los comentarios recibidos y revisando los resultados obtenidos. Este proceso

garantizará que la IA se adapte de forma progresiva a las necesidades del equipo y del sector bancario (Davenport & Kirby, 2018).

8. **Definición de Indicadores Clave de Rendimiento (KPI):** Para medir el impacto de la herramienta, se definirán indicadores clave de rendimiento (KPI) específicos, tales como la precisión de las estimaciones de tiempo, el nivel de satisfacción del equipo de proyectos y el ahorro de tiempo en la planificación. Estos indicadores facilitarán la evaluación objetiva del desempeño del sistema.
9. **Escalabilidad y Expansión a Otros Tipos de Proyectos:** A medida que el modelo de IA se perfeccione, se explorará la posibilidad de aplicarlo a otros tipos de proyectos en el sector bancario, permitiendo así adaptar el enfoque a las cambiantes necesidades del mercado y al crecimiento de la organización (Davenport & Kirby, 2018).

Las necesidades del mundo actual han impulsado el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) debido a su capacidad para recopilar, procesar, aprender y generar modelos más efectivos para diversos procesos, especialmente aquellos que demandan grandes cantidades de tiempo y recursos financieros (Bahroun, Tanash & Alnajjar, 2023). La gestión de proyectos no es ajena a esta tendencia, incorporando herramientas de IA en muchos de sus procesos. En el ámbito de la estimación de tiempos, existen múltiples herramientas que optimizan este proceso, facilitando un uso más eficiente de los recursos (Wang & Wu, 2024).

Con la estructura propuesta en esta investigación, se busca establecer una guía para aplicar estas herramientas en la estimación de tiempos de proyectos de desarrollo de software en el sector bancario, enfocándose en los puntos que pueden influir más en las desviaciones temporales. La estructura detalla cómo se deben preparar las organizaciones para implementar estas herramientas y los aspectos clave a considerar para integrarlas eficazmente en la gestión de proyectos.

La IA también contribuye a un uso optimizado de recursos a largo plazo y aumenta la satisfacción tanto del equipo como de los clientes (Zhang & Ng, 2022). Para garantizar este impacto, se deben seguir pasos fundamentales, tales como:

- **Implementación de una prueba piloto:** recopilar datos iniciales sobre la precisión de las estimaciones generadas, estableciendo una base para futuros ajustes.
- **Validación y ajuste del modelo de IA:** asegurar que el modelo se adapte eficazmente a las necesidades del proyecto y de la organización.
- **Ampliación de la recolección de datos y capacitación del equipo:** establecer una revisión continua de la calidad de los datos y de su interpretación, factores clave para mantener la efectividad de la IA a largo plazo.
- **Escalabilidad y expansión a otros proyectos:** el modelo de IA debe optimizarse y perfeccionarse para aplicarse en diferentes tipos de proyectos dentro del sector bancario, haciéndolo versátil y adaptable.

Estos pasos lo que buscan es que la transición entre el uso de herramientas tradicionales al uso de herramientas basadas en algoritmos complejos de inteligencia artificial se realicen de manera controlada, buscando que la organización conozca sus necesidades y sus limitaciones (MDT Research Proposal, 2024), y que si bien en el marco de esta investigación se da un recomendación con base en un estudio juicioso de diferentes opciones que se ofrecen en la actualidad, la estructura que se presenta es aplicable a cualquier herramienta, y priorizando los factores que influyen en las desviaciones de tiempos en los proyectos de desarrollo de software.

## Conclusiones

La estimación de tiempos mediante inteligencia artificial ofrece a las empresas una valiosa oportunidad para transformar y optimizar la proyección y planificación de sus proyectos. Esto les permite responder de manera más efectiva a factores imprevistos y adaptarse a un entorno empresarial en constante cambio (Harvard Business Review, 2023). No obstante, aún queda un largo camino por recorrer en cuanto al análisis de esta tecnología. Los resultados de la evaluación actual destacan la necesidad de profundizar en la identificación de los factores que inciden directamente en los retrasos de los proyectos. A medida que surgen nuevas herramientas que emplean algoritmos más avanzados, se hace evidente que este es un proceso continuo que requiere seguir evolucionando. Como se detalló en la estructura propuesta, es fundamental escalar estas soluciones a todo tipo de proyectos y en diferentes contextos organizacionales.

## Bibliografía

- Baul, S., Rana, R., Karim Adan, S., Tafannum, N., & Alam, F. (2022). Analyzing different software project management tools and proposing a new project management tool using process re-engineering on open-source and saas platforms for a developing country like bangladesh. *International Journal of Advances in Electronics and Computer Science*, 9(7).
- Bahroun, Z., Tanash, M., Ad, R. A., & Alnajjar, M. (2023). Artificial intelligence applications in project scheduling: a systematic review, bibliometric analysis, and prospects for future research. *Management Systems in Production Engineering*, 2 (31), 144–161.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. W. W. Norton & Company.

Burke, R. (2002). Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 12(4), 331-370. <https://doi.org/10.1023/A:1021240730564>

Castro, V., Herrera, R., & Villalobos, M. (2020). Desarrollo de un software web para la generación de planes de gestión de riesgos de software. *Información tecnológica*, 31(3). Recuperado de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000300135&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000300135&script=sci_arttext&lng=pt)

Cham, K., & Tovar, E. (2021). *AI in Project Management: How Artificial Intelligence Can Optimize Project Delivery*. Academic Press.

Chen, L., et al. (2021). Predicting Software Development Effort: A Comparison of Machine Learning and Traditional Methods. *Journal of Systems and Software*, 179, 110974.

Choudhury, A. (2022). *AI-Driven Project Management Tools and Techniques*. CRC Press.

Cicibas, Unal, O., & Alpaslan, K. (2010). Comparison of Project Management Software Tolls (PMST). *Investigación y práctica de ingeniería de software*.

Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2013). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences* (3rd Edition). New York: Routledge.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. SAGE Publications.

Cruz, J. M., Guevara, H., Flores, J., & Ledesma, M. (2020). Áreas de conocimiento y fases clave en la gestión de proyectos: consideraciones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(90). Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/290/29063559017/29063559017.pdf>

Davenport, T. H., & Kirby, J. (2018). *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. Harvard Business Review Press.

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108-116.

Dubravoca, H., Cap, J., Holubova, K., & Hribnak, L. (2024). Artificial Intelligence as an Innovative Element of Support in Policing. *Procedia Computer Science*, 237, 237-244. Recuperado de <https://www-sciencedirect-com.udea.lookproxy.com/science/article/pii/S1877050924011177>

Fernández Díez, M. C., Fernandini Puga, M., Puig Gabarró, P., & Méndez, J. C. (2020). Hacia la transformación digital de la banca pública de desarrollo en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo.

Galiana, I., Gudino, C., & Miramontes, P. (2024). Ética e inteligencia artificial. *Revista Clínica Española*, 224(3), 178-186. Recuperado de <https://www-clinicalkey-es.udea.lookproxy.com/#!/content/playContent/1-s2.0-S0014256524000262>

Git Hub Inc. (2024) Qué es GitHub Copilot? - Documentación de GitHub. GitHub Docs.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

- González, J., & Rojas, R. (2018). The role of machine learning in project management: A review. *International Journal of Project Management*.
- Guevara Gámez, D. A., & Barrera Gómez, C. M. (2023). IA para mejorar definición de alcance en proyectos. Universidad Santo Tomás.
- Harvard Business Review. (2023). How AI will transform project management.  
<https://hbr.org/2023/05/how-ai-will-transform-project-management>
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Huang, S., & Han, J. (2021). The role of artificial intelligence in the future of project management. *International Journal of Project Management*, 39(4), 385-398.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R*. Springer.
- Jaworski, M., & Dariusz, P. (2023). Study of software developers' experience using the Github Copilot Tool in the software development process. Universidad Tecnológica de Varsovia.
- Jørgensen, M. (2007). Forecasting of software development work effort: Evidence on expert judgement and formal models. *International Journal of Forecasting*, 23(3), 449-462.
- Kahsay, A. Y., et al. (2022). A Systematic Review on Machine Learning in Software Project Management. *Journal of Software: Evolution and Process*, 34(2), e2298.
- Kerlinger, F. N. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales*. México: McGraw-Hill.

- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.
- Khan, K., & Memon, M. (2021). Artificial Intelligence in Project Management: Applications and Challenges. *International Journal of Project Management*, 39(5), 425-438.
- Khan, M. S., & Ahmad, M. (2020). Predictive modeling of software development effort: A comparative study. *Journal of Software Engineering Research and Development*.
- Kniberg, H., & Skarin, M. (2010). *Kanban and Scrum: Making the Most of Both*. C4Media.
- Larson, E. W., & Gray, C. F. (2021). *Project Management: The Managerial Process* (8th ed.). McGraw-Hill.
- LeSage, C., & Goldberg, C. (2019). *Predictive Analytics for Project Management*. Taylor & Francis.
- LiquidPlanner. (2024). LiquidPlanner [Controlar el riesgo del proyecto y entregarlo a tiempo].  
Obtenido de <https://www.liquidplanner.com>
- López, J., & García, M. (2021). AI-driven project management: Enhancing time estimation with machine learning. *Journal of Project Management*.
- Mäntylä, M. V., & Iivari, J. (2017). A machine learning approach to estimating software project duration. *Empirical Software Engineering*.
- McCarthy, J., & Hodgins, P. (2020). *Artificial Intelligence for Project Managers: An Introduction to AI and Machine Learning in Project Management*. Independently published

McKinsey & Company. (2020). How banks can use digital and analytics to achieve sustainable growth. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights>

MDT Research Proposal. (2024). Artificial Intelligence for Contract Time Estimation. Montana Department of Transportation Research Projects.

Mohammad, A., & Chirchir, B. (2024). Challenges of Integrating Artificial Intelligence in Software Project Planning: A Systematic Literature Review. *Digital*, 4(3), 555-571.

Monday.com. (2023). Tu plataforma. Obtenido de <https://monday.com/lang/es>

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis* (6th Edition). John Wiley & Sons.

Morán, A., Dávila, K., & Trujillo, J. (2024). Optimización de operaciones en distribuidora mediante PERT/CPM para determinar actividades críticas. *Tecnociencia*, 151-164. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Julio-Trujillo-2/publication/377659882\\_OPTIMIZACION\\_DE\\_OPERACIONES\\_EN\\_DISTRIBUIDORA\\_MEDIANTE\\_PERTCPM\\_PARA\\_DETERMINAR\\_ACTIVIDADES\\_CRITICAS](https://www.researchgate.net/profile/Julio-Trujillo-2/publication/377659882_OPTIMIZACION_DE_OPERACIONES_EN_DISTRIBUIDORA_MEDIANTE_PERTCPM_PARA_DETERMINAR_ACTIVIDADES_CRITICAS)

Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (7th ed.). Project Management Institute.

Pupo, I. P., Vacacela, R. G., Pérez, P. P., Mahdi, G. S. S., & Peña, M. (2020). Experiencias en el uso de técnicas de softcomputing en la evaluación de proyectos de software. *Investigación Oper*, 41, 108-119.

Rafique, M., et al. (2020). Predicting Software Development Effort Using Machine Learning: A Systematic Review. *Information and Software Technology*, 122, 106270.

Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2015). *Recommender Systems Handbook* (2nd ed.). Springer.

Rivière, V., & Vance, A. (2015). A framework for using machine learning techniques in project management. *International Journal of Information Technology Project Management*.

Ridgeirsson, T. V., Ingason, H. T., Jonasson, H. I., & Jonsdottir, H. (2021). An authoritative study on the near future effect of artificial intelligence on project management knowledge areas. *Sustainability*, 13(4), 2345. <https://doi.org/10.3390/su13042345>

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia Artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta Editorial.

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Madrid: Alienta Editorial, 20-21.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México: McGraw-Hill.

Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85-117.

Schmidt, D. C., et al. (2020). Model-Driven Engineering of Software Intensive Systems: A Key to Effective Software Development. *IEEE Software*, 37(3), 32-38.

Scoro. (2024 ). Scoro, Software integral de gestión del trabajo. Obtenido de <https://www.scoro.com/es/>

- Smith, J. (2020). Understanding regression techniques in predictive modeling. *Journal of Data Science*, 15(2), 45-60.
- Solis, V., & Gruezo, D. (2022). La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador. *Dominio de las Ciencias*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8637988>
- Sorita, E., Cichosz, M., Klimas, P., & Pilewicz, T. (2024). Co-creating innovations with users: A systematic literature review and future research agenda for project management. *European Management Journal*, 14. Recuperado de <https://www-sciencedirect-com.udea.lookproxy.com/science/article/pii/S0263237324000902>
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press.
- Terrazas, R. (2009). Modelo conceptual para la gestión de proyectos. *Perspectivas*, 24, 165-188. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942160009.pdf>
- Velásquez, M., Mora, E. C., & Pérez, J. I. (2022). Modelo conceptual e instrumento sobre las funciones de la oficina de gestión de proyectos en ámbitos educativos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*. Recuperado de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052022000200321&script=sci\\_arttext&lng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052022000200321&script=sci_arttext&lng=en)
- Villamizar, R., & Peñaranda, J. D. (2020). Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander. *Revista Interfaces*, 3(1), 69-85. Recuperado de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/interfaces/article/view/8256/7364>

- Wach, M., & Chomiak, I. (2021). The application of predictive analysis in decision-making processes on the example of mining company's investment projects. *Procedia Computer Science*, 5058-5066. Recuperado de <https://www-sciencedirect-com.udea.lookproxy.com/science/article/pii/S1877050921020238>
- Wang, Y., & Liu, X. (2020). The impact of artificial intelligence on software project management. *Journal of Systems and Software*, 165, 110552.
- Wang, S., & Wu, Y. (2024). Using AI for Enhanced Time Estimation in Project Management. *Journal of Project Management Studies*.
- Wei, L., & Capretz, L. F. (2021). Recommender systems for software project managers. *EASE 2021*.
- Wrike. Versatile & Robust Project Management Software. (2024). Wrike.com.  
<https://www.wrike.com/>
- Zhang, X., & Liu, J. (2020). Artificial intelligence in project management: State of the art and future trends. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 219-236.
- Zhang, X., & Ng, S. T. (2022). Application of artificial intelligence in project time and cost estimation: A bibliometric review. *Automation in Construction*, 136, 104175.