

**ESFUERZO EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS APLICADA A PROYECTOS
DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL**
**EFFORT IN PROJECT MANAGEMENT APPLIED TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE
PROJECT**

Miguel Ángel Rojas Sánchez^a

Universidad de la Empresa, Uruguay

(miguel.rojas.uy@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-2215-1742>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 10/04/2023

Revisado/Reviewed: 27/09/2023

Aceptado/Accepted: 17/10/2023

RESUMEN

Palabras clave:

gestión de proyectos, esfuerzo de gestión, inteligencia artificial, desarrollo de software, tecnología.

En los últimos cinco años, el avance en el poder de cómputo trajo consigo un auge en la inteligencia artificial (IA). De forma directa o indirecta, una gran cantidad de sistemas comenzaron a incluir dentro de su funcionalidad, algoritmos o implementaciones de IA para realizar diversas tareas. Estas implementaciones van desde modelos de machine learning, procesamiento de lenguaje natural o de imágenes entre muchos otros. La construcción de un programa informático requiere de habilidades técnicas, así como también, es necesaria la aplicación de un modelo de gestión de proyectos que sea capaz de incorporar y adaptarse a las nuevas tecnologías que se incorporan dentro del proceso de desarrollo. En este trabajo, se analiza si la incorporación de una nueva tecnología de IA como requerimiento funcional de desarrollo de un producto, impacta en el esfuerzo de gestión de proyecto mediante la medición de las horas invertidas a dicha tarea. En esta investigación se responde la siguiente pregunta de investigación: i) ¿Existe alguna diferencia en el esfuerzo y dedicación de horas de gestión en los proyectos de desarrollo de software que incluyen como parte de su funcionalidad alguna tecnología de inteligencia artificial? Para ello, se efectúa una investigación documental con enfoque cuantitativo no experimental haciendo uso de la estadística descriptiva como herramienta de cuantificación. El estudio incluye el 100% de la población analizada y dentro de los resultados se destaca que el esfuerzo en tareas de gestión no presenta mayores diferencias.

ABSTRACT

Keywords:

project management, management effort, artificial intelligence, software development, technology.

In the last five years, advancements in computing power have brought about a surge in artificial intelligence (AI). Directly or indirectly, a significant number of systems have started incorporating AI algorithms or implementations into their functionality to perform various tasks. These implementations

^a Autor de correspondencia.

range from machine learning models to natural language processing and image processing, among many others. The development of a computer program requires technical skills, and it also necessitates the application of a project management model capable of incorporating and adapting to the new technologies integrated into the development process. This study examines whether the inclusion of a new AI technology as a functional requirement in the development of a product impacts the project management effort by measuring the hours devoted to this task. The research aims to answer the following research question: i) ¿Is there any difference in the effort and hours dedicated to project management in software development projects that include some form of artificial intelligence technology as part of their functionality? To address this question, a non-experimental quantitative documentary research approach is employed, using descriptive statistics as a quantification tool. The study encompasses the entire analyzed population, and the results highlight that the effort in management tasks does not show significant differences.

Introducción

A lo largo de esta investigación, se analizarán los proyectos de grado (o Tesis de Grado) para las carreras universitarias de Ingeniería y Licenciatura en Informática de la Facultad de Ingeniería de Universidad de la Empresa (UDE), focalizando el estudio en el esfuerzo dedicado por los estudiantes en actividades de la gestión de proyectos, medido en horas.

De acuerdo con Project Management Institute (PMI) un proyecto es “Esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final para el trabajo del proyecto o una fase del trabajo del proyecto. Los proyectos pueden ser independientes o formar parte de un programa o portafolio” (Project Management Institute, 2021, p.31).

Las tesis de titulación universitaria analizadas en este trabajo de investigación cumplen de forma estricta con la definición presentada anteriormente, ya que, existe un marco temporal definido cuya fecha de inicio y finalización se encuentran establecidos en el anteproyecto que da inicio formal al proyecto y el producto a construir es único.

Los estudiantes que realizan estas tesis universitarias (de ahora en más proyectos de grado) deben seleccionar y aplicar alguna metodología de gestión de proyectos de forma obligatoria, siendo esta obligación parte fundamental del proyecto y condición necesaria para poder obtener la aprobación final. En este escenario, el estudiante (o los estudiantes) que oficien como gerente de proyectos, han de aplicar todas las herramientas posibles y disponibles con el objetivo de efectuar una eficiente y correcta gestión de proyecto durante todo el tiempo de vida del proyecto que concluya con la finalización exitosa de este.

Desde el punto de vista teórico, la gestión de proyectos es una disciplina que integra una gran variedad de conceptos, que al aplicarse de forma coordinada y con un objetivo en común, permite conducir o gestionar un proyecto para lograr los objetivos definidos. Los estudiantes que realizan el proyecto de grado han recibido una gran variedad de cursos de capacitación y una gran variedad de herramientas y técnicas de gestión a lo largo de su carrera universitaria. Todos estos conocimientos adquiridos deben de ser aplicados a lo largo del proyecto para de esa forma maximizar las probabilidades de éxito y concluir exitosamente el proyecto.

Una de las grandes decisiones que los estudiantes deben realizar es la elección de la metodología de gestión que aplicaran a lo largo del proyecto. A lo largo de la carrera se han enfrentado a distintas metodologías de gestión y muchas de ellas han sido analizadas con mayor profundidad debido a estar incluidas en el plan de estudio. Sin embargo, disponen de los conocimientos adecuados para aprender y aplicar cualquier metodología existente.

Dentro de las metodologías de gestión se encuentran aquellas que se las denomina como metodologías tradicionales, donde podemos destacar la metodología de gestión de proyectos impulsada por el Project Management Institute (PMI), la ISO 21502 para la Gestión y dirección de proyectos impulsada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la metodología basada en competencias propuesta por la Asociación Internacional de Gestión de Proyectos (IPMA) denominada ICB Competence Baseline, entre muchas otras.

El cuerpo de conocimiento del PMBOK en su 7ma. edición, deja de lado el concepto de área de conocimiento sustituyéndolas por dominios de desempeño. Los dominios de desempeño consisten en el conjunto de actividades fundamentales para la obtención de los objetivos planificados, los dominios en su conjunto representan las capacidades

interactivas, interrelacionadas e interdependientes para conseguir los resultados esperados. Adicionalmente, la séptima edición del PMBOK cambia el enfoque desde una metodología basada en procesos hacia una metodología basada en principios. El nuevo enfoque define 12 principios de dirección que se focalizan y tienen por objetivo orientar el estilo de trabajo y conducción de un proyecto (Project Management Institute, 2021).

La norma ISO 21502 para la gestión de proyectos especifica las directrices de alto nivel que surgen de las buenas prácticas aplicadas y resultados obtenidos en distintos proyectos. Las directrices propuestas se componen de un conjunto de procesos y métodos que deben ejecutarse de forma coordinada y como parte de un sistema completo, considerando las características propias del proyecto. Según la organización ISO, esta norma puede ser aplicada a cualquier organización pública o privada de cualquier tamaño (Organización Internacional de Normalización, 2022).

La gestión de proyectos basada en competencia (ICB Competence Baseline) propuesta por IPMA propone que la gestión de proyectos debe realizarse por individuos que dispongan de tres competencias específicas, donde cada una de estas se focaliza en una dimensión determinada. Las competencias propuestas por IPMA son: Perspectiva, se focaliza en evaluar el contexto donde se realiza el proyecto para determinar la estrategia de ejecución, gobernanza, procesos, cultura, gestión de poderes e intereses, entre otros; Personas, focalizada en la parte humana del equipo para gestionar los conflictos internos, promover el trabajo en equipo y la comunicación, autocrítica y reflexión liderazgo, negociación entre otros y Práctica, donde se destacan todas las actividades relacionadas con la gestión del tiempo, actividades, finanzas, calidad, riesgos y oportunidades, entre otros (International Project Management Association, 2018).

Por otro lado, existe un conjunto de metodologías denominadas “metodologías ágiles” cuyo objetivo es centrarse en el producto por sobre el proceso. Existe una idea equivocada con respecto a estas metodologías, al considerar que evitan realizar procesos “pesados” como la documentación en beneficio de tareas centradas en el producto. Es importante destacar que en estas metodologías se reduce el esfuerzo de las tareas de gestión y los recursos se focalizan en la producción del producto. Las actividades de gestión o transversales al producto se minimizan a lo justo y necesario para dar soporte al producto. Dentro de estas metodologías podemos destacar SCRUM, Kanban Scrumban.

La metodología SCRUM fue creada por Ken Schwaber en el año 1995, cuyo principal objetivo es el proceso de desarrollo de software de forma ágil y continua. Prioriza las iteraciones cortas, donde cada iteración concluye con una pieza de software funcional, la cual es rápidamente validada por el cliente representado en la figura del Product Owner. Los ciclos cortos favorecen la incorporación de cambios que pueden ser incluidos en el desarrollo de forma rápida, minimizando el impacto en el proceso. La metodología se encuentra descrita en el SKBOK (Satpathy, 2022).

El método Kanban fue creado en el año 2007 y su misión es mejorar, gestionar y definir servicios que entregan trabajos intangibles, como lo es el desarrollo de software. Para lograrlo, utiliza un tablero que permite visualizar el trabajo intangible donde se presenta la cantidad justa del trabajo requerido y la capacidad de entrega, limitando así la cantidad de trabajo en progreso. Como norma general, utiliza el concepto de arrastre, donde un nuevo trabajo puede comenzar si y solo si otro trabajo es completado. De esta forma se minimiza el “desperdicio” o, dicho de otra forma, trabajo comenzado y no finalizado o parcialmente finalizado (Carmichael & Anderson, 2016).

Scrumban es una metodología ágil cuyo origen se remonta al año 2008 y como su nombre lo indica, es una composición híbrida entre Scrum y Kanban (Ladas, 2008). Según expone Salvay (2017), es particularmente útil para proyectos de mantenimiento donde la

adopción de esta metodología, permite utilizar conceptos de Kanban que no pueden ser utilizados al aplicar la metodología SCRUM o viceversa.

Autores como Pressman (2020) y Sommerville (2016), definen la gestión de proyectos en el software, como una actividad o disciplina adicional que se encuentra comprendida dentro de las actividades propias de la ingeniería de software.

Existe una constante evolución y adaptación en las metodologías de gestión de proyectos para acompañar los cambios a los que los proyectos se enfrentan día a día, donde podemos nombrar, los contextos donde se realizan los proyectos como ser el lugar donde se implementan, las fuerzas externas que ejercen distintas presiones sobre el proyecto, los recursos humanos o técnicos, así como también, las nuevas y distintas tecnologías que surgen de forma cada vez más acelerada.

Un caso muy particular de esta evolución se produce con la inclusión de las nuevas tecnologías, los proyectos de software no deben adaptarse solamente a cambios tecnológicos como son las nuevas versiones de los lenguajes de programación, cambios en la seguridad o en los sistemas base, sino que también deben ser capaces de incorporar y adaptarse a las tecnologías disruptivas del momento.

En el pasado, tecnologías como bluetooth o IoT marcaron una época donde muchas empresas de distinta índole y tamaño comenzaron a incluir estas tecnologías como parte de sus soluciones de desarrollo, y por consiguiente la gestión de proyectos debió adaptarse rápidamente a gestionar proyectos con tecnologías de vanguardia donde se agregaba un factor de incertidumbre y riesgo adicional a los ya existentes.

El avance en el desarrollo y la evolución de las distintas ramas de la inteligencia artificial producido en los últimos años ha convulsionado todas las disciplinas y profesiones existentes. Algunas de las preocupaciones que genera la inteligencia artificial consiste en la desaparición de algunas profesiones, así como también, la creación de otras. La gestión de proyectos no deja de ser ajena a estos avances y existen distintos estudios que permiten identificar o relacionar como esta tecnología puede colaborar con esta disciplina, potenciándola y facilitando su desempeño.

En la investigación bibliográfica realizada, se observó una carencia de investigaciones dentro de la temática de este trabajo, limitando así, la comprensión de cómo esta nueva tecnología impacta en el esfuerzo de gestión en los proyectos de desarrollo que deciden implementar e incorporar como parte del producto tecnologías de inteligencia artificial, en cualquiera de sus ramas, ya sea como parte del núcleo del software a construir o bien como un valor agregado de este. Es en este contexto donde este estudio presenta una primera aproximación en la temática.

Los proyectos de desarrollo de software que incluyen el desarrollo de algún tipo de inteligencia artificial deben incluir nuevos perfiles como ser: ingeniero/científico de datos, analista de datos, ingeniero de aprendizaje automático, entre otros. Junto con estos nuevos roles se originan nuevas actividades donde se destacan las actividades relacionadas con preparar los datos para que puedan ser procesados por los algoritmos de inteligencia artificial, el modelado y la optimización de los algoritmos de aprendizaje automático y la infraestructura donde estos algoritmos deben ejecutarse (Arias, 2023).

Distintos autores como Pressman (2020) y Sommerville (2016) concuerdan que la gestión de proyectos consiste en una serie de actividades que, según expone Pressman incluye: Gestión de recursos humanos, Medición (Métricas de producto y proceso), Estimación del proyecto, Planificación (Calendarización), Gestión del riesgo, Mantenimiento y Evolución.

La inclusión de una tecnología de vanguardia e innovadora no debe ser tomada a la ligera o ser subestimada, ya que impacta en cada una de estas actividades y en cada una de las decisiones que un gerente debe realizar.

Al analizar cada una de estas actividades, podemos comprender en qué grado y cómo se ve afectada cada actividad, en función de la nueva tecnología incluida en el proyecto de desarrollo.

La gestión de recursos humanos desde la perspectiva del gerente de proyecto consiste en la capacidad de este en seleccionar los recursos humanos adecuados para la tarea especificada, así como también, la gestión de las interacciones y el apoyo a las personas en todo lo que ellos requieran (Pressman, 2020).

En este escenario, la inclusión de una nueva tecnología tendrá un impacto no solo en la gestión del proyecto desde el punto de vista de la elección de los recursos humanos o colaboradores más idóneos para llevar adelante la tarea, sino que también, debe considerarse los tiempos necesarios para la capacitación y el dominio mínimo necesario de la tecnología en cuestión. Al utilizarse una nueva tecnología es importante gestionar las emociones y el estado de ánimo producto de los posibles revés o dificultades en la curva de aprendizaje y adopción de estas nuevas tecnologías, motivo por el cual, gestionar este tipo de situaciones resultará crítico a la hora de gestionar el proyecto.

La medición del proyecto consiste en la elección de las métricas adecuadas para poder medir y actuar en forma proactiva ante las distintas situaciones a las que se enfrente el gerente de proyecto. Las métricas de un proyecto se dividen en métricas de proceso y métricas de producto; mientras que las primeras es probable que se mantengan independientemente de la tecnología implementada, las métricas de producto se encuentran estrechamente ligadas con las tecnologías utilizadas y por consiguiente el monitoreo de estas métricas puede requerir un esfuerzo adicional en la gestión de proyectos (Pressman, 2020).

La estimación del proyecto es una de las tareas más complejas a las que se puede enfrentar un gerente de proyectos. Esta tarea no la realiza el gerente de forma individual y debe ser apoyado por distintas personas, con dominio de la tecnología a utilizar, que son parte integrante del equipo de proyecto junto con el uso de distintas herramientas que permitan realizar una estimación lo más certera posible (Pressman, 2020).

Como se puede observar, el uso de nuevas tecnologías agrega distintos componentes adicionales al proyecto, entre ellos la capacitación y el tiempo necesario para dominar mínimamente las nuevas tecnologías. Producto de lo anterior, y debido a que todos los proyectos ejercen distintas presiones sobre los equipos designados a estos, se generan nuevas y distintas incertidumbres asociadas a estas tecnologías y nuevos escenarios que impactan en el desconocimiento técnico a la hora de realizar las estimaciones necesarias para llevar adelante el proyecto.

La planificación es una actividad que se encuentra fuertemente relacionada con la estimación, ya que ésta, es un insumo fundamental para que un gerente de proyecto pueda planificar el proyecto. Adicionalmente, la planificación requiere la habilidad de dividir tareas complejas en tareas más simples y pequeñas, lograr la interrelación entre las distintas tareas, incluir la cantidad de recursos disponibles y su asignación para que en su conjunto se pueda determinar el tiempo necesario para concluir el proyecto, dando origen al cronograma base (Pressman, 2020).

La planificación de un proyecto se ve afectada directamente por una nueva tecnología, principalmente en la capacidad de subdividir tareas, ya que al trabajar con una nueva tecnología esto puede resultar más complejo, y en la asignación de los recursos humanos a estas tareas. También puede verse afectada indirectamente por las estimaciones, ya que estas fueron influidas por las nuevas tecnologías y por consiguiente afectarán a la planificación y los tiempos, así como también a la asignación de recursos en las tareas. Se puede observar, que en mayor o menor medida las nuevas tecnologías

afectan al gerente en lo que hace a la planificación y en definitiva como debe ser gestionada.

La gestión del riesgo, según expone Pressman (2020), consiste en identificar cualquier evento que pueda afectar positiva o negativamente el desarrollo y los objetivos del proyecto. El gerente de proyecto no solo debe ser capaz de identificar los riesgos, sin que también, debe poder clasificarlos en generales, técnicos y humanos, entre algunos otros, planificar el seguimiento y las acciones a implementar mediante el diseño de planes de mitigación y contingencia; realizar el análisis y la consiguiente redacción de lecciones aprendidas y la presentación de informes (Pressman, 2020).

Un proyecto que incluya el uso de nuevas tecnologías presenta riesgos adicionales propios de las nuevas tecnologías. En este escenario el gerente se enfrenta a nuevos desafíos, donde pueden no existir proyectos similares que puedan ser utilizados como fuentes de inspiración, y las habilidades del gerente de anticiparse, predecir e identificar nuevos riesgos se vuelven críticas a la hora de cumplir con los objetivos.

El objetivo principal del gerente de proyecto es administrar y/o gestionar el proyecto dentro del tiempo estipulado, sin embargo, también debe ser capaz de determinar o brindar información adicional sobre los pasos que se deben realizar una vez que el proyecto es concluido y el producto entregado; a esta fase se la denomina "mantenimiento y evolución". Si bien esta fase es posterior a la conclusión del proyecto, tendría que ser considerada e incluida como parte de las actividades que el gerente de proyecto debe planificar y determinar para garantizar la continuidad del producto entregado al cliente (Pressman, 2020).

En los proyectos de grado el mantenimiento y evolución quedan por fuera de las responsabilidades de los estudiantes, ya que estos solo deben enfocarse en el proyecto de grado dentro de los tiempos estipulados. Cualquier actividad posterior queda por fuera del alcance del proyecto y dentro de un acuerdo entre el estudiante y la empresa que patrocina el proyecto.

Los conceptos teóricos detallados anteriormente, permiten a los estudiantes comprender cada uno de ellos desde una perspectiva general, pero en ocasiones la práctica es muy distinta a la teoría. Los estudiantes requieren ejemplos concretos de cómo aplicar o llevar estas metodologías desde una perspectiva teórica a un ejemplo práctico y concreto. Es por ello que autores como Lledó (2016) y Alaimo & Salías (2013) brindan un enfoque realista que permite a los estudiantes visualizar la implementación de estas metodologías en situaciones concretas.

A lo largo de este trabajo de investigación, se analizará el esfuerzo dedicado por los estudiantes en su proyecto de titulación universitaria en aquellas actividades enfocadas a la gestión de proyectos en proyectos que incluyan alguna tecnología de inteligencia artificial o aprendizaje de máquina, como parte de su funcionalidad y de esta forma, comparar los resultados obtenidos con los proyectos de desarrollo de software sin estas tecnologías. En función de los datos analizados se plantean las siguientes dos preguntas de investigación, las cuales se encuentran altamente relacionadas entre sí.

- ¿Existe diferencia en el esfuerzo y dedicación de horas de gestión en los proyectos de desarrollo de software que incluyen como parte de su funcionalidad alguna tecnología de inteligencia artificial?
- ¿Cuánto esfuerzo de gestión requieren los proyectos que incluyen este tipo de tecnología?

Método

Dentro de los distintos tipos o estrategias de investigación se encuentran el enfoque cuantitativo y el cualitativo. El enfoque cuantitativo presenta un conjunto de características que permiten definir un problema de forma clara y específica, plantear objetivos e hipótesis y el uso de herramientas que permiten medir de forma precisa y objetiva el evento que se desea investigar. Por otro lado, el enfoque cualitativo se centraliza en aspectos que no pueden cuantificarse, centrándose en aspectos de comportamiento, patrones, procesos o significados, como, por ejemplo, sentimientos, pensamientos, entre otros (Lerma González, 2009). Según lo expuesto anteriormente, en este trabajo de investigación se utilizó el enfoque cuantitativo porque es el que mejor se adapta a los objetivos planteados.

La población de estudio participante y evaluada en este trabajo se compone por el total de proyectos de grado disponibles, y es debido a esto que, no se trabajará con una muestra estadística, sino, y como se dijo anteriormente, con la población en su totalidad. Trabajar con el 100% del conjunto de proyectos es posible debido a que la cantidad de estos es acotada y manejable. De acuerdo con lo mencionado, la estadística descriptiva resulta ser la herramienta idónea para utilizar a lo largo de este trabajo de investigación. Mediante el uso de la estadística descriptiva se puede describir el comportamiento de un conjunto de individuos de forma clara y precisa. Se opta por el uso de la estadística descriptiva por sobre la estadística inferencial debido a que el conjunto de proyectos totales es reducido y manejable, evitando así la realización de inferencias o la necesidad de realizar validaciones mediante técnicas como el p-value o hipótesis nula.

Para realizar este trabajo se clasificaron los proyectos en dos grupos, el primero grupo consiste en aquellos proyectos de desarrollo que implementan alguna tecnología de inteligencia artificial, mientras que el segundo grupo compuesto por los proyectos de software tradicional donde no se implementa ninguna funcionalidad de inteligencia artificial. La variable de relevancia para este estudio consiste en el esfuerzo en actividades de gestión sin realizar ninguna manipulación sobre ella, de esta forma el trabajo permitirá realizar comparaciones en búsqueda de similitudes o diferencias.

Sobre la base de lo expuesto anteriormente, autores como Sampieri Hernandez et al., (2014) y Ñaupas et al., (2018) clasifican este trabajo de investigación como un estudio cuantitativo, descriptivo, univariable y no experimental.

Proceso de adquisición de datos

La adquisición de datos fue realizada siguiendo un conjunto de pasos secuencial, los cuales se listan a continuación:

1. Recolección de datos en biblioteca.

El primer paso consistió en recolectar todos los proyectos de grado, para las carreras que componen este estudio, que se encuentran disponibles en la biblioteca de la universidad, ya sea en formato físico o digital.

2. Limpieza o depuración inicial de datos.

En función del paso anterior, se precedió a la revisión bibliográfica de cada proyecto para realizar la primera depuración y filtrado basándose en los siguientes criterios:

- a. Período a utilizar
- b. Descarte de proyectos que no incluyan desarrollo
3. Recolección y registro del esfuerzo en gestión de proyectos (GP) y actividades.

Con la información registrada por los estudiantes se procedió a registrar el esfuerzo en horas para la tarea de gestión de proyectos para luego calcular qué porcentaje representa en el total de horas. Este registro se realizó utilizando el total de horas reportado por los estudiantes, la suma de horas para cada iteración o bien el porcentaje calculado por los estudiantes.

4. Revisión y ajuste del valor GP.

Se hizo un análisis de los documentos entregados por los estudiantes y para los casos en los que el proyecto presentaba mayor detalle en la información aportada por los estudiantes, se procedió a verificar los valores registrados y en caso de detectar alguna inexactitud en el registro se procedió a realizar las correcciones necesarias.

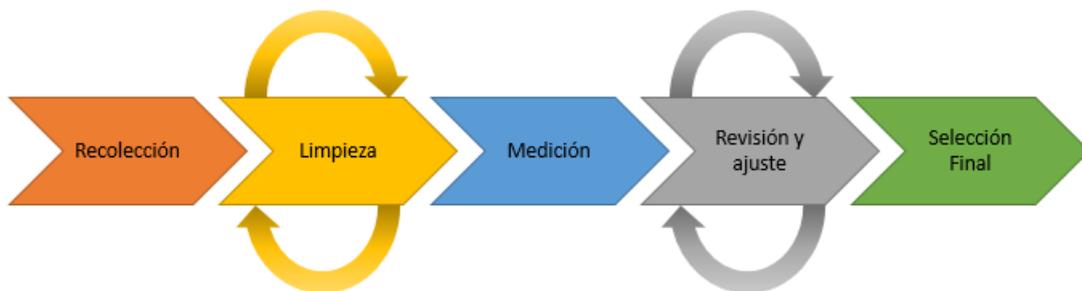
5. Selección final de proyectos.

El último paso consistió en el descarte y por consiguiente en la selección de aquellos proyectos que serán parte de este trabajo. Se descartaron los proyectos que en la documentación analizada no se presentó evidencia del registro y/o no se puede reconstruir la variable de interés (esfuerzo GP).

El proceso utilizado para la adquisición de datos se presenta a continuación.

Figura 1

Proceso de adquisición de datos



Participantes

El estudio realizado abarca los proyectos finales de titulación académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Empresa para las carreras de grado universitario de Licenciatura en Informática e Ingeniería en Informática reconocidas por el Ministerio de Educación y Cultura del Uruguay (MEC).

La cantidad inicial de proyectos dentro del periodo de estudio seleccionado y cuyo producto final consiste en desarrollo o bien en un prototipo de software, se compone de 113 proyectos.

El conjunto de datos inicial se fragmentó en dos conjuntos, el primer conjunto contiene los proyectos de desarrollo o prototipo de software tradicional, este conjunto está compuesto por un total de 95 elementos de los cuales 77 de ellos disponen de la variable de estudio, mientras que 18 al carecer de esta variable no serán considerados a lo largo de este trabajo.

El segundo conjunto de datos contiene 18 proyectos que de forma directa o indirecta utilizan alguna tecnología de inteligencia artificial, de estos 18 proyectos, 13 contienen la variable de estudio, mientras que 5 son descartados por carecer de la misma.

En la Tabla 1 se presenta el detalle de los datos presentados anteriormente para cada conjunto de datos.

Tabla 1
Cantidad de proyectos analizados

Cantidad de Proyectos	Metodología	Válidos	Sin datos
95	Proyectos de desarrollo de app.	77	18
18	Proyectos relacionados con IA	13	5
113		90	23

Diseño y análisis de datos

Los proyectos que forman parte de este trabajo se encuentran en el periodo comprendido entre 2012 y 2022. La duración mínima de los proyectos de grado es de un total de 6 meses con una prórroga automática de hasta 50% inicial, dando una duración total máxima de 9 meses calendario sin penalización en la nota obtenida. Superado este plazo, los estudiantes pueden recurrir a una prórroga adicional de hasta 5 meses, donde es el tutor quien autoriza esta extensión en función a distintos criterios o situaciones que se hayan presentado a lo largo del proyecto, en este escenario, los estudiantes son penalizados en la calificación final por el tribunal, ya que el proyecto tiene una duración total de 14 meses.

La Universidad cuenta con un mecanismo que habilita y autoriza a continuar con el proyecto si el plazo se extiende y supera los 14 meses, este mecanismo permite a la Universidad contemplar casos extremos y graves donde existe algún problema de salud o una situación muy particular y se debe cumplir un proceso formal con evidencia que sustente el problema ocurrido y es resorte de la Universidad autorizar la continuidad del proyecto por fuera de estos plazos, hasta un máximo de 4 meses, sin embargo, dentro de los 113 proyectos analizados ninguno de ellos se ha encontrado en esta situación.

El análisis de los datos se realizó utilizando la información bibliográfica entregada como parte del proyecto que es accesible mediante la biblioteca de la universidad. Como se dijo anteriormente, el proceso de revisión incluyó el análisis detallado y en profundidad de los documentos entregados y la verificación del registro de horas realizado en cada uno de los proyectos. En caso de haber discrepancias entre el dato reportado por los estudiantes y la verificación realizada, se realiza la corrección y ajuste pertinente.

Resultados

Tareas realizadas como parte de la gestión de proyectos

Para los estudiantes, los proyectos de grado propuestos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Empresa son simulacros de proyectos a los que se van a enfrentar en su actividad profesional, por este motivo es que todos los proyectos son patrocinados por un cliente real. Todos los proyectos deben cumplir y gestionarse como un proyecto real, por lo que todas las actividades propias de un proyecto de software deben ser realizadas, incluyendo aquellas actividades de gestión que deben ser ejecutadas por el Gerente de Proyecto.

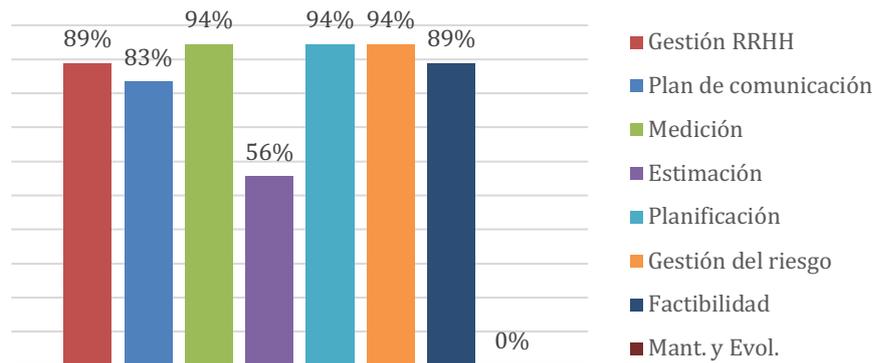
Pressman (2020) describe la gestión de proyectos o administración de proyectos, como una disciplina que se realiza dentro de la ingeniería de software, y agrupa las actividades de gestión dentro de las siguientes seis categorías: Gestión de recursos humanos, Medición (Métricas de producto y proceso), Estimación del proyecto, Planificación (Calendarización), Gestión del riesgo, Mantenimiento y Evolución.

La gestión de proyectos requiere que las actividades se realicen de forma recurrente y planificada, aunque ninguna actividad se considera más importante que otra,

ya que todas se enfocan a conseguir los objetivos del proyecto, en lo que refiere a un proyecto en el contexto analizado, podemos decir que alguna de estas actividades puede realizarse de forma somera o muy limitada, tal es el caso de la “Gestión de Recursos Humanos”.

En la Figura 2 se presenta el porcentaje de proyectos que realiza cada una de las actividades. Según los valores observados se puede visualizar que a excepción de las actividades de “Estimación” y “Mantenimiento y Evolución”, el resto de las actividades es realizada por más del 80% de los proyectos analizados.

Figura 2
Actividades de gestión de proyectos en proyectos con IA



En cuanto a la “Estimación”, es importante observar que los estudiantes realizan una estimación inicial previo al inicio formal del proyecto, en lo que se denomina entrega del anteproyecto. El anteproyecto es un documento oficial donde se deja estipulado por escrito el alcance del proyecto, la fecha de inicio, las tareas a realizar, los requisitos funcionales y no funcionales y la metodología que se deberá utilizar.

En lo que respecta al refinamiento en las estimaciones durante el desarrollo del proyecto, se observa que apenas la mitad de los proyectos realizan nuevas estimaciones o ajustes en las estimaciones iniciales, sean estas estimaciones de alcance y del esfuerzo necesario para concluir el proyecto exitosamente, haciendo uso y aprovechando la información relevada y obtenida a lo largo de la ejecución del proyecto.

Resulta difícil poder explicar o comprender a que se debe este bajo porcentaje, porque de la información analizada, no surge ninguna información que lo pueda explicar, sin embargo, algunas posibles explicaciones pueden ir en la dirección de la ausencia de proyectos similares, falta de conocimientos para estimar proyectos que incluyan inteligencia artificial o bien a que el proyecto debe realizarse sin importar la estimación realizada por lo que puede ser visto, de forma errónea, como una actividad que no producirá un impacto positivo/negativo en el proyecto.

Los proyectos de titulación universitaria tienen un alcance finito con una fecha de finalización establecida, donde dentro del alcance, no se incluye el mantenimiento ni ninguna vinculación posterior a la fecha de finalización. Esto se refleja en los porcentajes presentados en la Figura 2, donde se observa que ningún proyecto realiza tareas de Mantenimiento y Evolución. Dicho lo anterior, es importante notar que los proyectos sí incluyen un apartado donde deben expresar de forma clara los trabajos futuros que pueden ser realizados y de alguna forma delimitar hacia donde pueden evolucionar los sistemas.

Al analizar el registro del esfuerzo de gestión de proyectos nos encontramos con dos errores que comúnmente son realizados por los estudiantes a la hora de contabilizar

las horas en este tipo de tarea en particular. Ambos errores consisten en confundir o contabilizar las horas de gestión de proyectos y/o documentación como si fueran la misma actividad. Es muy difícil poder comprender cuáles son las causas de esta confusión utilizando exclusivamente la documentación presentada por los estudiantes, por lo que, al momento de analizar estas horas, debemos ser cautos y en la medida de lo posible, revisar y cotejar las planillas (si existen) para validar la correcta imputación de horas.

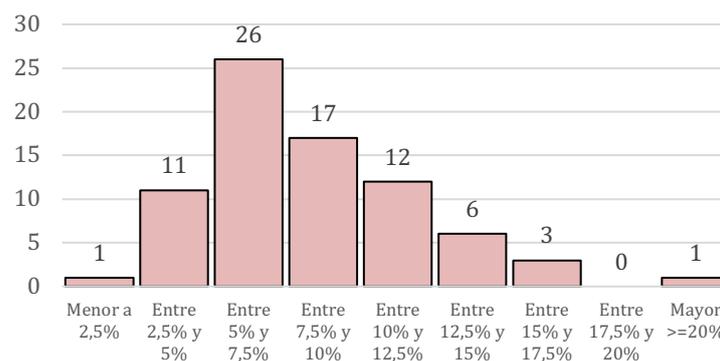
De acuerdo con lo mencionado anteriormente, y con base en la experiencia recabada como tutor y corrector de proyectos de grado, en los proyectos donde el esfuerzo de gestión de proyectos es inferior al 5% generalmente muchas horas de gestión son contabilizadas como documentación y cuando las horas de gerencia son muy altas ocurre lo opuesto. Si bien esto no es así en todos los casos, y pueden existir excepciones o matices, es un error común que se ha visto en algunos proyectos.

Relevamiento del esfuerzo en horas de gestión de proyectos

La gestión de proyectos de desarrollo de software que no incluyen ningún tipo de tecnología de inteligencia artificial o aprendizaje de máquina presenta una curva gaussiana con una leve inclinación a la izquierda (Ver Figura 3).

Figura 3

Histograma del esfuerzo en proyectos de desarrollo de software (Sin IA)



Según se desprende de los datos analizados y presentados en la Figura 3, el 93.4% de los proyectos de titulación universitaria para las carreras de Licenciatura e Ingeniería en Informática de la Universidad de la Empresa se encuentran en el rango de 2.5% a 15% y dentro de este rango el 56% corresponde a proyectos cuya gestión está entre 5% y 10%. Según lo expuesto anteriormente, los proyectos con valores inferiores a 5% pueden contener un sub-registro de horas y una incorrecta asignación, por lo que, en principio, puede ser descartada como parte del rango de esfuerzo válido.

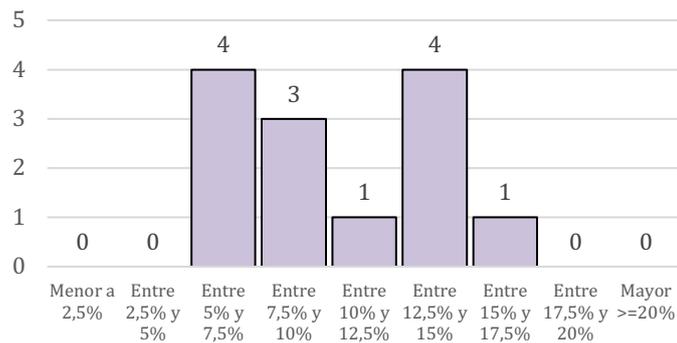
Jones (2005) indica que la gestión de proyectos en proyectos de desarrollo se ubica en el entorno del 10% de las horas totales del proyecto. Un estudio específico del esfuerzo registrado en proyectos de grado para las carreras de ciencias de la computación realizado por Rojas Sánchez & Uc Ríos (2022), confirman lo presentado por Jones (2005), y exponen que el valor de la media del esfuerzo en actividades de gestión de proyectos en el contexto de los proyectos de titulación académica evaluados, se encuentra en el 9,1%. Adicionalmente, sostienen que el esfuerzo en tareas de gestión se encuentra en un rango comprendido entre 5% y 15% con un promedio de 9,8%.

Al contrastar los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, podemos notar que si bien los valores reportados por los estudiantes no se centran en el 10% aunque sí se encuentran muy próximos a este.

El esfuerzo de gestión de proyectos que incluyen algún tipo de tecnología de inteligencia artificial o aprendizaje de máquina presenta un comportamiento con algunas diferencias observables, principalmente en que la curva dibujada en la gráfica no presenta la forma de curva gaussiana. Sin embargo, en líneas generales, respeta los rangos presentados anteriormente y según se desprende de la Figura 4, el 92.3% que aplicaron algún grado de IA dentro del proyecto dedicaron un esfuerzo de gestión en el rango del 5% al 15% (no hay proyectos con esfuerzo menor a 5%) y dentro de este rango el 53% se encuentra en el rango de entre 5% y 10%.

Figura 4

Histograma del esfuerzo en proyectos de desarrollo de software (Con IA)



La Tabla 2 exhibe el resumen de los valores estadísticos obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación en contraposición con los presentados en la investigación realiza por Rojas Sánchez, M. & Uc Ríos, C. (2022). Según se puede observar, los proyectos de IA/ML no presentan grandes diferencias con los valores obtenidos para los proyectos de desarrollo convencional ni con los valores presentados por Ríos, C. y Rojas, M. (2022). En lo que refiere a los valores estadísticos como ser promedio, media y media acotada, presentan una diferencia que se encuentra en el entorno del 2% con respecto a los proyectos tradicionales y en el entorno del 1% para los valores presentados por Ríos y Rojas, mientras que la desviación estándar y la varianza indican que en los proyectos de IA existe poca dispersión.

Tabla 2

Estadísticos de horas de gestión según tipo de proyecto de software

	Software Tradicional	Software IA/ML	Rojas y Ríos (2022)
Rango	5%-12,5%	5%-15%	5%-15%
Promedio	8,3%	10,3%	9,8%
Media Acotada (10%)	7,5%	10,0%	9,1%
Mediana	8,1%	10,3%	8,5%
Mínimo	1,0%	5,9%	1,0%
Máximo	21,1%	17,1%	45,7%
Desviación estándar (σ^2)	3,6%	3,7%	5,9%
Varianza (σ)	0,1%	0,1%	0,4%

Nota. Fuente: Elaboración propia con datos de Ríos y Rojas (2022)

Discusión y conclusiones

Los orígenes y disparadores que inician este trabajo de investigación surgen con el objetivo de responder las siguientes dos interrogantes:

- ¿Existe diferencia en el esfuerzo y dedicación de horas de gestión en los proyectos de desarrollo de software que incluyen como parte de su funcionalidad alguna tecnología de inteligencia artificial?
- ¿Cuánto esfuerzo de gestión requieren los proyectos que incluyen este tipo de tecnología?

Estas interrogantes se generan producto de la masificación en la implantación y desarrollo de sistemas de información que hacen uso o bien implementan, en mayor o menor medida, algoritmos de inteligencia artificial o aprendizaje de máquina.

Las tecnologías de inteligencia artificial han abierto nuevas oportunidades y han sido muy difundidas por los beneficios y bondades que brindan a los usuarios y las potenciales mejoras que otorgan al utilizarse en problemas cotidianos.

A lo largo de este trabajo de investigación, se ha medido el impacto de incluir estas tecnologías en proyectos de desarrollo de software y en particular, en como la inclusión de estas tecnologías puede afectar el esfuerzo dedicado a tareas de gestión de proyectos.

Lo estudiantes que realizan el proyecto de grado de titulación académica se enfrentan a nuevas actividades y tareas que se asemejan a proyectos reales, donde deben tomar decisiones como gerentes de proyecto que impactan positiva o negativamente en el desarrollo de este.

Según se pudo observar, todas las actividades de gestión de proyectos propuestas por Pressman (2020) fueron realizadas en casi todos los proyectos, con la salvedad de la actividad de estimación que solo fue realizada por la mitad de los proyectos de IA estudiados. Dicho lo anterior, no hay diferencia entre las tareas ejecutadas por los estudiantes en proyectos de desarrollo tradicional en comparación con los proyectos que incluyen inteligencia artificial en alguna de sus variantes.

Es difícil poder discernir y explicar por qué los proyectos de desarrollo tradicional y los proyectos que implementan tecnologías de inteligencia artificial realizan exactamente las mismas tareas de gestión de proyectos (presentadas anteriormente), sin embargo, podemos aventurar una hipótesis que debe ser comprobada con un estudio específico para verificar su validez. Los proyectos de grado en el contexto académico analizado se encuadran dentro de un contexto poco flexible donde las tareas que deben realizar y evidenciar para aprobar el proyecto se encuentran en mayor o menor medida preestablecidas. Si bien existe un margen de adaptación, este margen no es muy grande y tiene a ser pequeño. Adicionalmente, los estudiantes toman como ejemplo proyectos de años anteriores, por lo que basan su documentación y tareas a realizar en proyectos que ya fueron evaluados y aprobados, debido a que alinearse con proyectos exitosos maximiza sus probabilidades de éxito.

Sin embargo, esto provoca que no exista innovación en lo que hace a la adaptación de los procesos y, por consiguiente, no se asuman riesgos que ocasionen mejoras o que creen nuevas implementaciones y/o adaptaciones que se ajusten mejor a los proyectos que desarrollan.

De la medición y análisis realizado, se observa que los proyectos de IA no presentan un comportamiento distinto a los proyectos tradicionales. Todas las medidas estadísticas, así como los rangos descubiertos, se encuentran muy próximos o bien son iguales al resto de los tipos de proyectos estudiados.

En respuesta a las interrogantes planteadas, con base en los datos analizados y presentados, no existe evidencia que indique la existencia de algún impacto considerable

o detectable que influya positiva o negativamente en lo que respecta al esfuerzo y dedicación de horas dedicadas a tareas de gestión en los proyectos para los proyectos objeto de estudio.

Las horas dedicadas a tareas de gestión de proyectos para estos proyectos se ubicaron en el rango de entre 5% y 15%, con mínimas diferencias con respecto a las horas y esfuerzo dedicado para tareas similares en los proyectos de desarrollo tradicional, en sintonía con los resultados propuestos por Rojas Sánchez & Uc Ríos (2022) y, en mayor y menor medida muy cercanos a los presentados por Jones (2005).

Con fundamento en lo expresado anteriormente y para finalizar, las respuestas a las preguntas de investigación planteadas al inicio de este trabajo se presentan a continuación. La pregunta inicial que origina este trabajo fue: ¿Existe algún impacto en el esfuerzo y dedicación de horas en gestión de proyectos, en los proyectos que incluyen como parte de su funcionalidad alguna tecnología de inteligencia artificial?, tiene por respuesta que NO existe ningún impacto en lo que respecta al esfuerzo y dedicación de horas de gestión.

En lo que respecta a la segunda pregunta planteada: ¿Cuánto esfuerzo de gestión requieren los proyectos que incluyen este tipo de tecnología?, la respuesta a esta pregunta es que el esfuerzo de gestión de proyectos se encuentra en el rango de 5% y 15% con una mediana de 10% y un promedio de 10,3%.

Reflexiones y limitaciones

Dentro de las limitaciones detectadas en este trabajo de investigación resaltan aquellas que se relacionan directamente con los datos disponibles. A continuación, se listan las limitaciones presentes y futuras detectadas:

1. Una de las limitantes de mayor importancia y que estuvo presente desde el inicio de este trabajo fue la cantidad de proyectos. Esta investigación dispone de una cantidad de proyectos inferior a 120 elementos y la cantidad de proyectos que pueden ser categorizados dentro de los proyectos sujetos a estudio resultan estar en el orden del 15%. Si bien esto favorece al uso de estadística descriptiva y permite describir el comportamiento de este tipo de proyecto en contrapartida a los proyectos tradicionales, el número total de proyectos es reducido. Es por este motivo que es importante recalcar que este trabajo es de tipo exploratorio y como punto de partida para sentar las bases y la dirección de un trabajo adicional donde se puedan incluir una mayor cantidad de proyectos, proveniente de otras Universidades y de otros países.
2. El registro del esfuerzo medido en horas fue realizado exclusivamente por los estudiantes. Es importante notar que siempre existen pequeños errores en el registro del esfuerzo, pero los gerentes de proyecto con experiencia son capaces de minimizar o incluso detectar y minimizar estos errores. Los estudiantes, al carecer de la experiencia de gestión de proyectos y en función de la imperiosa necesidad de realizar y finalizar el proyecto, no aplican ninguna metodología en pro de minimizar posibles errores en el registro, por lo que es esperable cierto margen de error en este registro. Con el fin de minimizar estos errores, en los casos que existiera información adicional en lo que hace al registro del esfuerzo, se procedió a validar, verificar y ajustar los valores registrados en caso de detectar inconsistencias y/o anomalías.
3. La diversidad por tipo de proyecto es una limitante menor que, si bien no incidió directamente en lo que es el objeto de estudio de este trabajo, si presenta retos y desafíos a futuro en posibles líneas de investigación que se deriven o puedan originarse a partir de este trabajo.

Propuestas de continuidad

Los trabajos de investigación en los contextos académicos son una oportunidad de investigación que pocas veces se aprovecha. Disponer de la información de todo el proceso ejecutado a lo largo del proyecto presenta un sinnúmero de posibilidades y líneas de investigación que pueden ser el punto de partida a distintas líneas o trabajos futuros.

Este trabajo analiza el impacto de una nueva tecnología, como lo es la inteligencia artificial, desde el punto de vista del desarrollo y si esta inclusión impacta en la gestión del proyecto.

Dentro de las posibles propuestas de continuidad se propone evaluar el impacto de esta nueva tecnología en actividades específicas de la gestión de proyectos, como por ejemplo la gestión del riesgo. Al incluir una nueva tecnología se espera que surjan riesgos específicos, así como también, planes de mitigación y contingencia asociados a estas nuevas tecnologías. Los estudiantes están capacitados y serán capaces de enfrentarse a estos nuevos escenarios, es una interrogante que parece ser interesante de contestar.

Otra posible línea de investigación se conforma siendo una extensión directa de este trabajo, consiste en medir las horas dedicadas en tareas de desarrollo de software, así como también las horas en tareas de documentación. Mientras que las horas de desarrollo pueden indicar que este tipo de actividad puede ser mayor o menor desde el punto de vista de conocimientos técnicos, las horas de desarrollo son un componente fundamental para brindar calidad y conformidad al usuario final. Si bien el gerente no es el rol que realiza estas actividades, sí es algo que está bajo su control y por consiguiente es parte responsable de estas actividades.

Para finalizar, la información obtenida en este trabajo pretende ser el punto inicial de futuros trabajos de investigación específicos, que indaguen sobre el impacto de las nuevas tecnologías en los proyectos de titulación académica, y como estas afectan las dinámicas y las actividades que son realizadas por los estudiantes al enfrentarse a nuevas tecnologías o tecnologías disruptivas.

Empresas que dentro de sus procesos realicen mediciones similares a las realizadas en este proyecto, podrán comparar sus resultados con los obtenidos en el ámbito académico y de esa forma evaluar y disponer de un valor de referencia como punto de comparación.

Referencias

- Alaimo, M., & Salías, M. (2013). *Proyectos ágiles con #Scrum: flexibilidad, aprendizaje, innovación y colaboración en contextos complejos*.
- Arias, J. (2023). *Tendencias del empleo en IA. Nuevos roles y profesiones*. Observatorio IA. <https://observatorio-ametic.ai/inteligencia-artificial-y-empleo/tendencias-del-empleo-en-ia-nuevos-roles-y-profesiones>
- Carmichael, A., & Anderson, D. J. (2016). *Kanban esencial condesado*. LeanKanban University Press.
- International Project Management Association. (2018). *Individual Competence Baseline for Project Management* (4ª Ed.). IPMA.
- Jones, C. (2005). Software Cost Estimating Methods for Large Projects. *CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering*, 18(4), 8–12.
- Ladas, C. (2008). *Scrumban: Essays on Kanban Systems for Lean Software Development*. Modus Cooperandi.
- Lerma González, H. D. (2009). *Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y*

- proyecto* (4ª Ed.). Ecoe Ediciones.
- Lledó, P. (2016). *Director de Proyectos*. (3ª Ed.). Lledó.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (5ª Ed.). Ediciones de la U.
- Organización Internacional de Normalización. (2022). *Dirección y gestión proyectos, programas y carteras de proyectos (ISO 25102:2022)*. Asociación Española de Normalización.
- Pressman, R. S. (2020). *Software Engineering: A practitioner's approach* (9ª Ed.). Mc Graw Hill.
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (7ª Ed.). Project Management Institute.
- Rojas Sánchez, M., & Uc Ríos, C. (2022). Gestión de proyectos en tesis de titulación universitaria. *Project, Design and Management*, 4(1), 52–68. <https://doi.org/10.35992/pdm.4vi1.974>
- Salvay, J. (2017). *Kanban y Scrumban orientados a Proyectos de Tecnología de la Información*. Instituto Universitario Aeronautico.
- Sampieri Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª Ed.). Mc Graw Hill.
- Satpathy, T. (2022). *Guía de los fundamentos de SCRUM* (4ta.). SCRUMStudy.
- Sommerville, I. (2016). *Software Engineering* (10ª Ed.). Pearson Education Ltd.