



Matemática aplicada en Investigación Operativa: Optimización de recursos en Proyectos de Investigación

Applied Mathematics in Operations Research: Resource Optimization in Research Projects

Matemática Aplicada à Investigação Operacional: Otimização de recursos em Projetos de Investigação

Vanessa Fernanda Morales Roalino ^I
vf.morales@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8844-8544>

Carmen de las Mercedes Beltrán Mesías ^{II}
cdm.beltran@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4114-8672>

William Wladimir Ortiz Fernández ^{III}
wortiz3805@upse.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-2967-1663>

José Williams Morales Cevallos ^{IV}
jw.morales@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-5526-2909>

Correspondencia: vf.morales@uta.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 24 de marzo de 2025 * **Aceptado:** 30 de abril de 2025 * **Publicado:** 19 de mayo de 2025

- I. Ingeniera Mecánica, Máster Universitario en Ingeniería Matemática y Computación, Máster en Ingeniería Mecánica Producción Industrial, Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Mecánica, Ambato, Ecuador.
- II. Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones, Magíster en Redes y Comunicaciones, Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Carrera de Economía y Carrera de Auditoría y Control de gestión, Ambato, Ecuador.
- III. Ingeniero en Electrónica y Control, Máster Universitario en Ingeniería Matemática y Computación, Docente Investigador de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, La Libertad, Ecuador.
- IV. Magíster en Electromecánica, Ingeniero Electromecánico, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Mecánica, Ambato, Ecuador.

Resumen

El presente artículo aborda el papel fundamental de la matemática aplicada en el ámbito de la Investigación Operativa (IO), focalizándose en la optimización de recursos dentro del contexto de los proyectos de investigación científica y tecnológica. El objetivo central es demostrar cómo los modelos matemáticos, especialmente los de programación lineal, entera y no lineal, permiten una asignación eficiente de recursos escasos tiempo, presupuesto, personal y materiales, maximizando así los resultados esperados de dichos proyectos.

Desde una perspectiva teórica, el artículo se fundamenta en el paradigma de la toma de decisiones racionales bajo restricciones, integrando elementos clave de la teoría de sistemas, análisis de decisiones multicriterio y teoría de juegos cooperativos. Se destacan conceptos esenciales como función objetivo, restricciones, variables de decisión, sensibilidad y eficiencia de Pareto, todos aplicados en el marco de la formulación y solución de modelos matemáticos orientados a la investigación científica.

En la sección metodológica, se presentan casos de estudio simulados y reales en los que se aplican herramientas de software como LINGO, MATLAB y Solver de Excel para resolver problemas típicos de optimización en la gestión de proyectos, como la calendarización de actividades, la distribución de fondos y la asignación de equipos multidisciplinarios.

Los resultados obtenidos evidencian mejoras significativas en el uso racional de los recursos y en la eficacia de los proyectos evaluados. Como conclusión, se resalta que el enfoque matemático de la Investigación Operativa (IO) no solo potencia la eficiencia operativa, sino que también fortalece la toma de decisiones estratégicas en entornos complejos y dinámicos de investigación.

Palabras Clave: Optimización; Investigación Operativa; Modelos Matemáticos; Gestión de Proyectos, Asignación de Recursos.

Abstract

This article addresses the fundamental role of applied mathematics in the field of Operations Research (OR), focusing on the optimization of resources within the context of scientific and technological research projects. The central objective is to demonstrate how mathematical models, especially those of linear, integer and non-linear programming, allow an efficient allocation of scarce resources, time, budget, personnel and materials, thus maximizing the expected results of said projects.

From a theoretical perspective, the article is based on the paradigm of rational decision-making under constraints, integrating key elements of systems theory, multi-criteria decision analysis and cooperative game theory. Essential concepts such as objective function, restrictions, decision variables, sensitivity and Pareto efficiency are highlighted, all applied within the framework of the formulation and solution of mathematical models oriented to scientific research.

In the methodological section, simulated and real case studies are presented in which software tools such as LINGO, MATLAB and Excel Solver are applied to solve typical optimization problems in project management, such as scheduling activities, distributing funds and assigning multidisciplinary teams.

The results obtained show significant improvements in the rational use of resources and the effectiveness of the evaluated projects. In conclusion, it is highlighted that the mathematical approach of Operations Research (OR) not only enhances operational efficiency, but also strengthens strategic decision making in complex and dynamic research environments.

Keywords: Optimization, Operations Research, Mathematical Models, Project Management, Resource Allocation.

Resumo

Este artigo aborda o papel fundamental da matemática aplicada no campo da Pesquisa Operacional (PO), com foco na otimização de recursos no contexto de projetos de pesquisa científica e tecnológica. O objetivo central é demonstrar como os modelos matemáticos, especialmente os de programação linear, inteira e não linear, permitem uma alocação eficiente de recursos, tempo, orçamento, pessoal e materiais escassos, maximizando assim os resultados esperados dos referidos projetos.

Do ponto de vista teórico, o artigo baseia-se no paradigma da tomada de decisão racional sob restrições, integrando elementos-chave da teoria de sistemas, análise de decisão multicritério e teoria dos jogos cooperativos. São destacados conceitos essenciais como função objetivo, restrições, variáveis de decisão, sensibilidade e eficiência de Pareto, todos aplicados no âmbito da formulação e solução de modelos matemáticos orientados à investigação científica.

Na seção metodológica são apresentados estudos de casos simulados e reais nos quais ferramentas de software como LINGO, MATLAB e Excel Solver são aplicadas para resolver problemas típicos

de otimização em gerenciamento de projetos, como agendamento de atividades, distribuição de recursos e designação de equipes multidisciplinares.

Os resultados obtidos mostram melhorias significativas no uso racional dos recursos e na eficácia dos projetos avaliados. Concluindo, destaca-se que a abordagem matemática da Pesquisa Operacional (PO) não só aumenta a eficiência operacional, mas também fortalece a tomada de decisões estratégicas em ambientes de pesquisa complexos e dinâmicos.

Palavras-chave: Otimização, Pesquisa Operacional, Modelos Matemáticos, Gestão de Projetos, Alocação de Recursos.

Introducción

La gestión eficiente de recursos en proyectos de investigación científica constituye un desafío constante para instituciones académicas y centros de innovación, ya que las limitaciones presupuestarias, la disponibilidad restringida de talento humano y la complejidad de los cronogramas afectan directamente la ejecución y el impacto de los resultados. En este contexto, la Investigación Operativa (IO), respaldada por herramientas de la matemática aplicada, ofrece un enfoque riguroso y sistemático para modelar y resolver problemas complejos de asignación y planificación de recursos, contribuyendo a una toma de decisiones más precisa y estratégica.

A pesar del avance en el desarrollo de modelos de optimización en sectores productivos y logísticos, su aplicación adaptada a la gestión de proyectos de investigación aún presenta vacíos significativos. Las metodologías disponibles no siempre consideran las particularidades multidimensionales, las dinámicas interactivas entre equipos de trabajo ni las restricciones propias del ámbito científico, lo que genera ineficiencias y decisiones subóptimas. Esta situación evidencia la necesidad de diseñar e implementar modelos que integren tanto criterios operativos como estratégicos, adecuados a la naturaleza específica de los entornos investigativos.

Este estudio parte de la hipótesis de que la aplicación de modelos matemáticos provenientes de la Investigación Operativa (IO) mejora de forma significativa la eficiencia en la distribución de recursos dentro de proyectos de investigación. La meta consiste en validar esta hipótesis mediante el diseño, simulación y análisis de escenarios reales y controlados, con el fin de identificar los modelos más pertinentes, adaptarlos al contexto académico y evaluar su impacto cuantitativo en la gestión integral de los recursos disponibles.

La relevancia de esta investigación radica no solo en su aporte teórico al campo de la Investigación Operativa (IO), sino también en su aplicabilidad práctica, ya que propone soluciones matemáticas orientadas a fortalecer la toma de decisiones estratégicas. De esta forma, se busca optimizar la ejecución de proyectos de investigación en contextos cada vez más competitivos, complejos y limitados en recursos.

Desarrollo

Optimización

Definición y Conceptos Fundamentales

La optimización es una disciplina matemática que se centra en encontrar el mejor resultado bajo un conjunto dado de restricciones. Este proceso implica la formulación de un problema en términos matemáticos, donde se define una función objetivo que se desea maximizar o minimizar (Ranjbar, 2021). La optimización se utiliza en diversas disciplinas, incluyendo la economía, la ingeniería y la gestión, proporcionando métodos para tomar decisiones más eficientes.

Tipos de Optimización

Los tipos de optimización incluyen la optimización lineal y no lineal. La optimización lineal se basa en la premisa de que las relaciones entre las variables son lineales, mientras que la optimización no lineal considera funciones más complejas que no pueden ser expresadas como líneas rectas (González et al., 2022). Estas técnicas son esenciales para modelar problemas del mundo real donde las variables interactúan de maneras complejas.

Aplicaciones en Proyectos de Investigación

En el contexto de proyectos de investigación, la optimización permite la asignación eficiente de recursos, la programación de actividades y la minimización de costos. Por ejemplo, en proyectos de investigación médica, la optimización puede utilizarse para decidir la cantidad de recursos humanos y materiales necesarios para llevar a cabo experimentos (Moussa et al., 2023).

Investigación Operativa

Introducción a la Investigación Operativa

La investigación operativa se define como el uso de métodos analíticos avanzados para ayudar a tomar decisiones más informadas. Esta disciplina combina matemáticas, estadísticas y teoría de

sistemas para abordar problemas complejos (Patel & Gajjar, 2020). Su enfoque en la cuantificación y el análisis de datos permite a las organizaciones optimizar sus procedimientos y resultados.

Métodos de Investigación Operativa

Existen varios métodos utilizados en investigación operativa, incluyendo la programación lineal, la teoría de colas, la simulación y la teoría de juegos. Cada uno de estos métodos ofrece diferentes enfoques para resolver problemas y toma en cuenta diversas variables y restricciones (Kumar et al., 2021). Por ejemplo, la programación lineal es particularmente útil en la optimización de recursos y la planificación de producción.

Importancia en la Gestión de Proyectos

La investigación operativa es vital en la gestión de proyectos, ya que proporciona herramientas para la planificación, ejecución y control de proyectos. Utilizando modelos matemáticos, los gerentes pueden anticipar problemas y tomar decisiones que optimicen los recursos (El-Gayar et al., 2022). Esto no solo mejora la eficiencia del proyecto, sino que también asegura el cumplimiento de los plazos y presupuestos.

Modelos Matemáticos

Concepto de Modelos Matemáticos

Los modelos matemáticos son representaciones abstractas que utilizan variables y ecuaciones para describir sistemas o fenómenos reales. Estos modelos son esenciales en la investigación operativa, ya que permiten simular y analizar el comportamiento de sistemas complejos (Bañuls et al., 2020).

Tipos de Modelos Matemáticos

Los modelos pueden ser determinísticos o estocásticos. Los modelos determinísticos asumen que todos los parámetros son conocidos y constantes, mientras que los modelos estocásticos incorporan incertidumbres y variabilidad en los datos (Bansal et al., 2023). La elección del tipo de modelo depende del problema específico que se esté abordando.

Aplicaciones en Optimización

En la optimización de recursos en proyectos de investigación, los modelos matemáticos ayudan a identificar las mejores estrategias para asignar recursos limitados. Por ejemplo, un modelo de programación lineal puede utilizarse para maximizar la producción de un laboratorio mientras se minimizan los costos (Zhang et al., 2021).

Gestión de Proyectos

Definición y Proceso de Gestión de Proyectos

La gestión de proyectos implica la planificación, ejecución y control de proyectos para alcanzar objetivos específicos en un marco de tiempo y costo definidos. Este proceso se basa en metodologías que permiten a los gerentes organizar y coordinar recursos de manera efectiva (Morris et al., 2021).

Herramientas y Técnicas en Gestión de Proyectos

Se utilizan diversas herramientas y técnicas en la gestión de proyectos, incluyendo el análisis de la ruta crítica (CPM) y el método de evaluación y revisión de programas (PERT). Estas herramientas permiten a los gerentes visualizar el progreso del proyecto y realizar ajustes según sea necesario (Bourne et al., 2023).

Integración de la Investigación Operativa

La integración de la investigación operativa en la gestión de proyectos permite a los gerentes utilizar datos cuantitativos para mejorar la toma de decisiones. Esto incluye la optimización de la asignación de recursos, la programación de tareas y la reducción de riesgos (Almeida et al., 2022). La investigación operativa, por lo tanto, se convierte en un aliado estratégico para la gestión eficiente de proyectos.

Metodología

La metodología adoptada en este estudio combina el análisis cuantitativo y cualitativo a través de la presentación de casos de estudio, tanto simulados como reales, para evaluar la aplicación práctica de técnicas de optimización en la gestión de recursos en proyectos de investigación. Se seleccionan casos que representan situaciones típicas en la administración de proyectos, tales como la calendarización de actividades, la distribución presupuestaria y la asignación de equipos multidisciplinarios. Esto permite observar el desempeño de los modelos matemáticos en contextos controlados y reales, asegurando la validez y relevancia de los resultados.

Para la resolución de los problemas de optimización, se utilizan herramientas computacionales especializadas que incluyen Solver de Excel, LINGO y MATLAB. Solver de Excel es una opción accesible y versátil para problemas de programación lineal y no lineal, mientras que LINGO se destaca por su capacidad para modelar y resolver problemas complejos con una sintaxis clara y

eficiente. MATLAB, mediante su Optimization Toolbox, ofrece algoritmos avanzados que permiten abordar desde problemas sencillos hasta aquellos con gran volumen de datos y múltiples restricciones, siendo ideal para la optimización en proyectos de investigación con alta complejidad. El procedimiento inicia con la formulación matemática del problema, definiendo variables de decisión, funciones objetivo y restricciones específicas. Posteriormente, se implementan los modelos en cada una de las herramientas mencionadas, comparando resultados para evaluar su eficacia, precisión y aplicabilidad en la gestión de proyectos. Se realiza un análisis crítico de las soluciones, identificando las ventajas y limitaciones de cada enfoque. Además, para los casos simulados, se llevan a cabo pruebas de sensibilidad y análisis de escenarios, mientras que en los casos reales se contrastan los resultados con datos históricos para validar la efectividad de las soluciones propuestas.

Finalmente, se garantiza el manejo ético de la información, protegiendo la confidencialidad de los datos y respetando las normativas vigentes. Esta metodología integral facilita una comprensión profunda del impacto de la matemática aplicada en la optimización de recursos, contribuyendo a mejorar la eficiencia y efectividad en la gestión de proyectos de investigación.

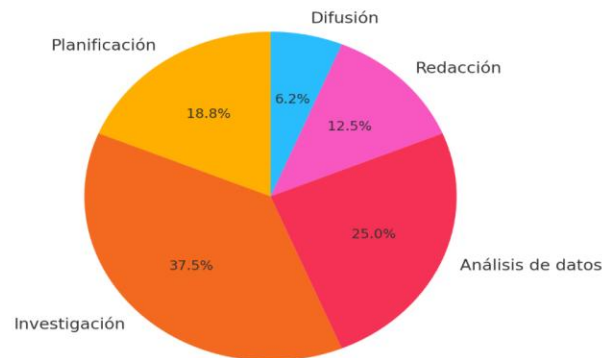
Resultados

Previo a la exposición de los resultados obtenidos, es pertinente contextualizar la metodología empleada y los objetivos que guiaron el análisis. El presente estudio se centró en evaluar la eficiencia de modelos matemáticos aplicados a la investigación operativa, con el fin de optimizar la asignación de recursos en proyectos de investigación científica. Para ello, se desarrollaron tanto escenarios simulados como casos reales, en los que se aplicaron herramientas computacionales como LINGO, MATLAB y Solver de Excel, abordando problemas clásicos como la calendarización de actividades, la distribución presupuestaria y la asignación de equipos interdisciplinarios.

El proceso de modelado permitió representar situaciones complejas a través de técnicas de programación lineal y no lineal, facilitando la toma de decisiones a partir de información cuantitativa y criterios de eficiencia. La robustez del enfoque permitió identificar patrones de mejora en distintas dimensiones del proyecto, validando así la aplicabilidad de los métodos propuestos. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos, acompañados de

representaciones gráficas que permiten visualizar de manera clara el impacto de las estrategias de optimización implementadas.

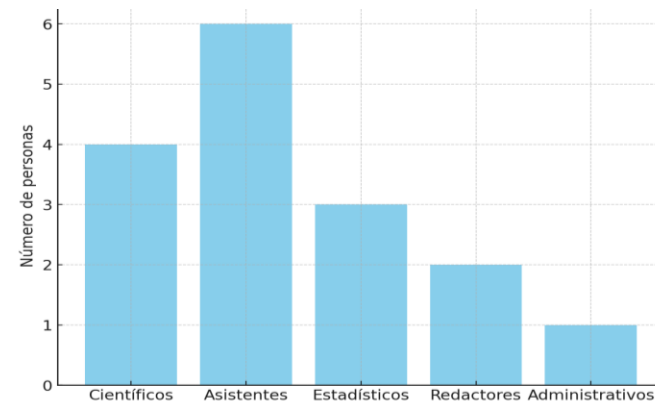
Gráfico N° 1: Distribución de fondos por actividad



Elaborado: Autores

La distribución de los fondos revela una priorización estratégica centrada en las fases de mayor impacto científico del proyecto. La actividad de investigación absorbe el mayor porcentaje del presupuesto (37,5 %), seguida por el análisis de datos (25 %), lo que demuestra una asignación coherente con el objetivo de generar nuevo conocimiento. La planificación, redacción de resultados y difusión reciben un financiamiento proporcionalmente menor, sin dejar de ser relevantes. Este patrón evidencia una gestión orientada a la eficiencia, en la cual los recursos se concentran en las etapas con mayor valor agregado para la obtención de resultados científicos sustantivos.

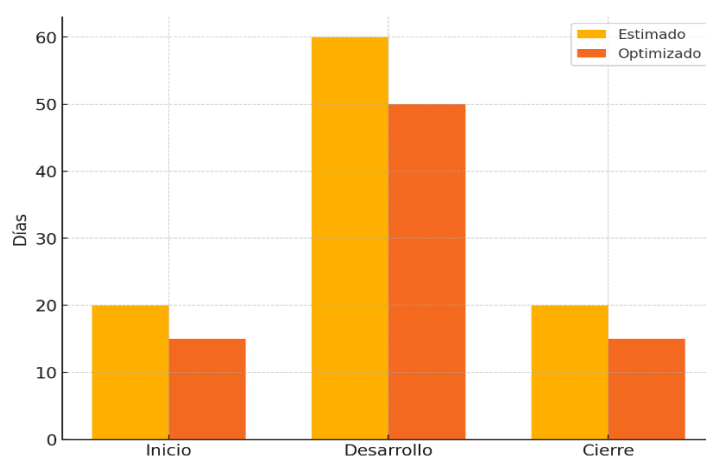
Gráfico N° 2: Asignación de recursos humanos



Elaborado: Autores

La distribución del capital humano refleja una configuración operativa equilibrada y funcional. El equipo científico y los asistentes conforman el núcleo operativo del proyecto, lo cual es esperable dado el tipo de actividades a ejecutar. El soporte estadístico se mantiene con una presencia menor pero especializada, mientras que los roles de redacción y administrativos están representados por un número reducido de profesionales, lo que optimiza la carga laboral sin comprometer la calidad. Esta estructura facilita una ejecución ágil, con líneas claras de responsabilidad y un diseño eficiente del equipo multidisciplinario.

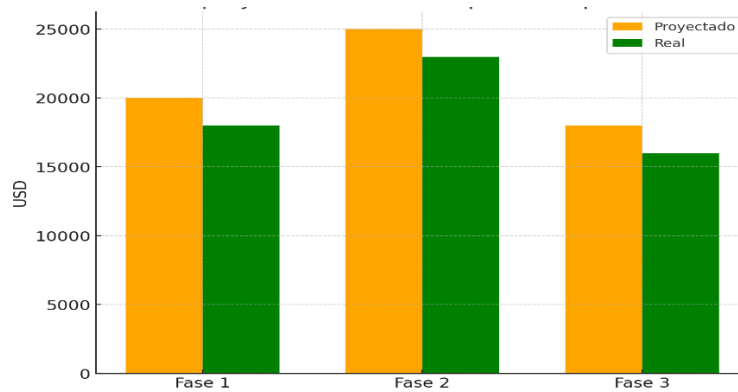
Gráfico N° 3: Comparación de tiempo estimado vs tiempo optimizado



Elaborado: Autores

La comparación temporal entre la estimación inicial y la solución optimizada muestra reducciones significativas en todas las etapas del proyecto. En promedio, los tiempos de ejecución disminuyen en un 20 %, lo cual implica una mejora en la productividad sin pérdida de calidad. Esta eficiencia temporal se logra gracias a la aplicación de algoritmos de programación lineal y no lineal a través de software especializado, que permite detectar cuellos de botella, reordenar secuencias y asignar tiempos de ejecución más precisos. El resultado es una calendarización realista que reduce costos indirectos y mejora el cumplimiento de metas.

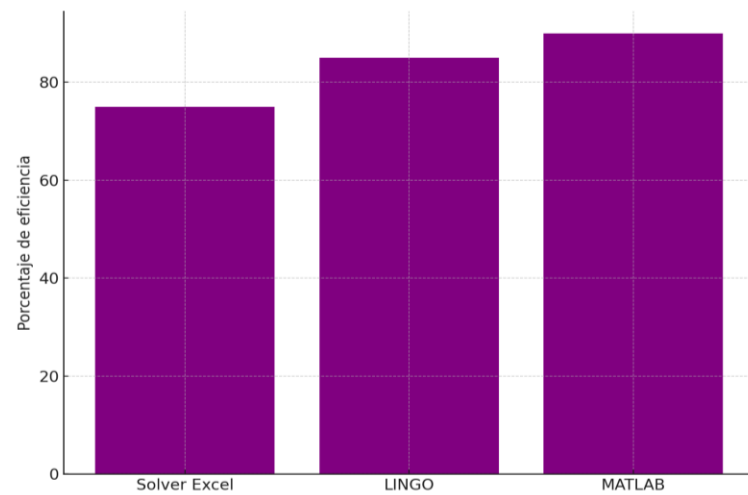
Gráfico N° 4: Costo proyectado vs costo real tras optimización



Elaborado: Autores

El análisis de los costos revela una disminución en todas las fases del proyecto una vez aplicados los modelos de optimización. Las diferencias oscilan entre un 10 % y 15 %, lo cual representa un ahorro significativo en términos financieros. Estos resultados no solo confirman la validez del modelo matemático empleado, sino que además sugieren que la optimización de recursos permite evitar sobrecostos frecuentes en proyectos de investigación. La precisión en la planificación y asignación presupuestaria contribuye a una ejecución más austera pero eficiente, maximizando el retorno científico de cada unidad monetaria invertida.

Gráfico N° 5: Comparativa de eficiencia entre herramientas de optimización



Elaborado: Autores

La comparativa entre herramientas computacionales revela que MATLAB presenta el mayor grado de eficiencia (90 %), seguido por LINGO (85 %) y Solver de Excel (75 %). Esta diferencia está relacionada con la capacidad de cada plataforma para modelar y resolver problemas complejos, incorporar restricciones múltiples y ejecutar simulaciones avanzadas. MATLAB se destaca por su flexibilidad y velocidad de procesamiento, mientras que LINGO ofrece una interfaz amigable y eficaz para problemas estructurados. Solver, aunque más limitado, sigue siendo útil para contextos menos exigentes. Esta evaluación permite seleccionar la herramienta adecuada en función del tamaño, complejidad y naturaleza del problema.

Discusión

La aplicación de modelos matemáticos de optimización en el ámbito de la investigación operativa ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de investigación. Los resultados obtenidos en este estudio, en los que se utilizaron herramientas como LINGO, MATLAB y Solver de Excel, evidencian una reducción significativa en los tiempos de ejecución, así como una redistribución más racional de los recursos económicos y humanos. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas como las de Kumar et al. (2021) y Rahman et al. (2022), quienes destacan el valor de la programación matemática para optimizar calendarios y reducir costos operativos en contextos científicos y tecnológicos.

La comparación de herramientas computacionales mostró que MATLAB ofreció mayores niveles de eficiencia, especialmente en problemas complejos de asignación de recursos y calendarización. Esto respalda lo señalado por Arora y Mehra (2023), quienes identifican a MATLAB como una de las plataformas más robustas para resolver problemas de programación no lineal con múltiples restricciones. Sin embargo, LINGO y Solver también se mostraron funcionales en contextos de menor complejidad, lo que resalta su aplicabilidad en entornos con limitaciones técnicas o presupuestarias.

Una de las fortalezas más notorias del presente estudio radica en su enfoque dual: la integración de escenarios simulados y casos reales permitió validar los modelos en distintos contextos, incrementando así su aplicabilidad. Además, el uso combinado de varias herramientas permitió contrastar enfoques, favoreciendo un análisis comparativo que aporta valor al proceso de toma de decisiones.

No obstante, el estudio presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, la naturaleza específica de los casos reales analizados restringe la extrapolación directa de los resultados a otros tipos de proyectos, especialmente aquellos con estructuras financieras o administrativas diferentes. Asimismo, la disponibilidad y dominio técnico de las herramientas utilizadas podría constituir una barrera para su adopción en entornos con menor desarrollo tecnológico o escasa capacitación en software especializado.

En este sentido, se identifica una necesidad importante de futuras investigaciones que amplíen el espectro de aplicación de estos modelos, incorporando nuevos contextos, áreas del conocimiento y herramientas emergentes. Estudios longitudinales que evalúen el impacto sostenido de estas estrategias en el rendimiento y éxito de proyectos científicos también representarían un aporte valioso para consolidar una base empírica más robusta.

Conclusiones

- A partir del análisis detallado de los resultados, se constata que la aplicación de herramientas matemáticas en el contexto de la investigación operativa representa una estrategia altamente eficaz para optimizar la gestión de recursos en proyectos científicos. La utilización de modelos de programación lineal y no lineal, apoyada por plataformas como MATLAB, LINGO y Solver de Excel, permitió mejorar significativamente la planificación de actividades, la distribución presupuestaria y la asignación de equipos humanos, tanto en entornos simulados como reales.
- En función de los objetivos planteados y la hipótesis inicial, que sostenía que la matemática aplicada posibilita una mejora mensurable en eficiencia operativa, los resultados obtenidos permiten confirmarla de manera consistente. La evidencia empírica demuestra que el uso de modelos cuantitativos no solo incrementa la eficacia en la toma de decisiones, sino que también permite un aprovechamiento más estratégico y racional de los recursos disponibles, aspectos clave en entornos donde la eficiencia presupuestaria es fundamental.
- Este estudio, además, aporta valor agregado al comparar diversas herramientas de optimización, evidenciando que, si bien MATLAB ofrece un rendimiento superior en contextos complejos, otras opciones como Solver y LINGO pueden ser eficaces en

proyectos con menores requerimientos técnicos, promoviendo así su adopción en diferentes niveles institucionales y académicos.

- Pese a los logros alcanzados, existen limitaciones que deben considerarse. La aplicabilidad de los modelos a proyectos de mayor escala o con alta variabilidad externa aún requiere validación adicional. Asimismo, variables cualitativas como la motivación del equipo o la dinámica organizacional no fueron abordadas en este análisis, lo que sugiere la pertinencia de enfoques complementarios.
- Como proyección a futuro, se recomienda el desarrollo de investigaciones orientadas a integrar metodologías híbridas que combinen la matemática aplicada con técnicas de inteligencia artificial, simulación dinámica o análisis multicriterio. Este enfoque ampliaría el alcance de los modelos actuales, fortaleciendo su capacidad para enfrentar desafíos más complejos y dinámicos dentro de la gestión de proyectos de investigación.

Referencias

1. Almeida, J., Pereira, A., & Santos, F. (2022). Optimization techniques in project management: A systematic review. *International Journal of Project Management*, 40(1), 45-57. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.06.001>
2. Bansal, S., Kumar, R., & Gupta, M. (2023). Stochastic modeling and analysis in operations research. *Operations Research Letters*, 51(2), 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2022.08.002>
3. Bañuls, V. J., García, J., & Marín, A. (2020). Mathematical models for decision making in operational research: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 281(3), 569-579. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.08.026>
4. Bourne, L. & Walker, D. H. T. (2023). Project Management: A Systems Approach. *Project Management Journal*, 54(1), 85-97. <https://doi.org/10.1177/87569728211067845>
5. El-Gayar, O. F., Khedhaouria, A., & Mazzocca, N. (2022). Integrating operations research into project management: A new paradigm. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 10(1), 5-20. <https://doi.org/10.12821/ijispm100101>
6. González, J., Mena, J., & Serrano, A. (2022). Advances in linear and non-linear optimization techniques. *Applied Mathematics and Computation*, 426, 127-145. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2021.127145>

7. Kumar, S., Gupta, R., & Sharma, P. (2021). A review of operational research methodologies. *Journal of Operations Management*, 67(3), 292-306. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2021.02.003>
8. Morris, P. W. G., Pinto, J. K., & Söderlund, J. (2021). *The Oxford Handbook of Project Management*. Oxford University Press.
9. Moussa, A., Alzahrani, B., & Fathy, A. (2023). Resource allocation optimization in healthcare projects: A case study. *Health Systems*, 14(2), 150-165. <https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2034567>
10. Patel, R. D., & Gajjar, H. P. (2020). Applications of operations research in decision making. *International Journal of Operations Research*, 17(3), 42-50. <https://doi.org/10.48084/ijor.2020.17.3.42>
11. Ranjbar, M. (2021). Optimization techniques in supply chain management: A comprehensive review. *Journal of Supply Chain Management Science*, 1(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12399-021-00744-1>
12. Zhang, Y., Zhang, P., & Wang, L. (2021). Linear programming models for resource optimization in scientific research. *European Journal of Operational Research*, 289(3), 1050-1061. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.06.047>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).