

# Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en Proyectos de Triple Hélice: Un Caso sobre Innovación Educativa en Colombia

Martha L. Torres-Barreto<sup>1</sup> , Sareth Daniela Hazbon-Manrique<sup>1</sup> , Mileidy Álvarez-Melgarejo<sup>1</sup> 

## Abstract

Title: Application of the Analytic Hierarchy Process in Triple Helix Projects: A Case Study on Educational Innovation in Colombia.

This study showcases the Analytic Hierarchy Process (AHP) as an effective tool for managing complex projects, particularly those involving academia, industry, and government collaboration, known as the triple helix model. By focusing on a case study of educational innovation in Colombia, it illustrates how AHP aids in making structured, multi-dimensional decisions amidst challenges such as high personnel turnover and diverse team composition. AHP's application proved crucial in selecting the right technological provider, facilitating a comprehensive evaluation of options against the project's goals. The findings highlight AHP's utility in enhancing interdisciplinary project management within triple helix frameworks, providing a robust quantitative method to tackle uncertainty and foster productive partnerships. This research enriches the project management theory, confirming AHP's adaptability and significance in facilitating decision-making and advancing collaborative efforts across varied stakeholders, thus emphasizing the importance of structured approaches in realizing strategic aims and bolstering collaboration.

**Keywords:** analytic hierarchy process, project management, triple helix, educational innovation, multi-criteria decision making.

## Resumen

Este estudio resalta el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como una herramienta eficaz en la gestión de proyectos complejos, enfocando colaboraciones de triple hélice e innovación educativa en Colombia. Se evidencia el uso de AHP como herramienta en la toma de decisiones estructuradas frente a retos propios de la diversidad de equipos en contextos interdisciplinarios, permitiendo evaluaciones integrales. Los resultados subrayan la capacidad de AHP para mejorar la gestión de proyectos de este tipo, ofreciendo un método cuantitativo robusto para superar incertidumbres y promover colaboraciones eficaces, contribuyendo a la teoría de gestión de proyectos y resaltando la importancia de métodos estructurados.

**Palabras clave:** proceso analítico jerárquico; triple hélice; innovación educativa; Educación para la paz; toma de decisiones multicriterio.

Submitted: April 22, 2024/ Approved: October 23, 2024

## Introducción

A lo largo de décadas, la administración y gestión de proyectos ha experimentado una evolución significativa, caracterizada por un aumento constante en la complejidad de los proyectos (Dansk Standard, 2021). Wallace, (2014) destaca que esta tendencia ha sido constante a lo largo del tiempo. En el contexto de proyectos históricos de gran envergadura, como la construcción de las pirámides o la expansión de imperios, los procesos implicados eran de naturaleza comparativamente simple. Estos proyectos antiguos no se enfrentaban a limitaciones estrictas de tiempo o costos, y no se veían en la necesidad de implementar herramientas avanzadas de gestión y control (Garel, 2013).

No obstante, con el advenimiento de la Revolución Industrial y periodos críticos como la Guerra Fría, emergió la necesidad de integrar herramientas de planificación y control más sofisticadas. Las metodologías de gestión tradicionales demostraron ser insuficientes frente a la creciente complejidad, donde la multiplicidad de variables que requerían control inmediato, se convertía en una fuente de desafíos (Morris,

2013). Esta situación catalizó el desarrollo de metodologías avanzadas, incluyendo sistemas basados en redes, la Técnica de Camino Crítico (CPM), la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), y la Técnica de Evaluación y Revisión Gráfica (GERT), entre otras, que permitieron abordar estas complejidades de manera más efectiva. Actualmente existen prácticas estandarizadas globalmente, que ofrecen oportunidades de evaluación y comparación en la gestión de proyectos, como el Plan Estratégico del Proyecto (PEP) o las metodologías ágiles como Scrum y Kanban que ofrecen posibilidades de una gestión más flexible y adaptativa (Velez García et al., 2018). Asimismo, la llegada de la tecnología de la información (TI), puso a disponibilidad diversos software de gestión de proyectos que incluyen herramientas de análisis, visualización de gráficos y procesamiento de datos, entre otros, logrando no sólo mejorar indicadores de tiempo y costo de los proyectos sino también maximizando el acceso a la información (Lock, 2007).

Pese a todo lo anterior, para proyectos complejos aún persiste la incertidumbre en algunos elementos de gestión, ya que las herramientas mencionadas anteriormente no son suficientes en sí mismas, si se

(1) Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.  
Corresponding author: mltorres@uis.edu.co

adolece de la habilidad para adaptarlas a los entornos cambiantes y específicos de cada proyecto y a sus características particulares. Así, la gestión de proyectos en entornos dinámicos requiere de aquella capacidad de anticipar y adaptarse a los cambios, así como la de gestionar la incertidumbre de manera efectiva (Lledó & Rivarola, 2007). Adicionalmente, al estudiar la gestión de proyectos es necesario tener en cuenta aspectos como la triple restricción, que considera dentro de la misma gestión, la optimización de variables de tiempo, costo y alcance de cada proyecto, a los que cada uno debe adaptarse para ser ejecutado de forma eficiente. En la práctica, además, sobresalen otras variables relevantes tales como la calidad requerida o los recursos humanos del proyecto (Lledó & Rivarola, 2007).

Si bien algunos autores mencionan que los principios y metodologías conocidas sobre la gestión de proyectos se pueden aplicar a cualquier tipo de proyecto o industria (Kerzner, 2017), el grado de relevancia de dichos principios puede variar según el sector y las características propias del proyecto, por ejemplo, en aquellas industrias que están impulsadas por proyectos, su alto valor económico exige una gestión muy rigurosa; sin embargo, en algunos otros sectores, los proyectos pueden gestionarse más informalmente. En el caso de proyectos de innovación y desarrollo (I+D), se identifican características particulares, como el objetivo principal de generar de nuevas ideas, productos o servicios que aporten al desarrollo del campo respectivo, otra característica de tales proyectos de I+D es un ciclo de vida prolongado del proyecto, la necesidad de habilidades especializadas para su ejecución, entre otras (Chesbrough, 2003). Por lo que pueden existir equipos compuestos por profesionales altamente calificados en diversos campos relacionados con el proyecto y presentar escenarios de colaboración interdisciplinaria, e incluso con participación público – privada, y con esto, la necesidad la flexibilidad y adaptabilidad suficientes para responder al entorno cambiante de la investigación (von Hippel, 2018). Es por esto que la gestión de proyectos en entornos interdisciplinarios, como los que plantea el modelo de la triple hélice, presentan desafíos relacionados con la coordinación de objetivos y la toma de decisiones, y requieren herramientas de gestión que logren integrar efectivamente las diferentes perspectivas de los equipos de trabajo. El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), facilita la integración de las diversas perspectivas, evaluando los intereses y criterios de decisión de los involucrados. Este estudio se plantea el objetivo de aplicar y evaluar la eficacia del AHP en proyectos de triple hélice en un caso de innovación educativa, pretendiendo observar si esta herramienta contribuye y facilita la toma de decisiones, unificación de criterios y coordinación de diferentes actores aplicados en este contexto. Si bien este modelo ha sido ampliamente descrito y estudiado en la literatura en términos de contribuciones al desarrollo económico y social, incluso con casos de aplicación ampliamente descritos, se observan pocos estudios que registran la aplicación de esta herramienta cuantitativa para la toma de decisiones en proyectos interdisciplinarios o de triple hélice, y es justamente el conocimiento que se busca aportar.

Este estudio se plantea el objetivo de aplicar y evaluar la eficacia del AHP en proyectos de triple hélice en un caso de innovación educativa, pretendiendo observar si esta herramienta contribuye y facilita la toma de decisiones, unificación de criterios y coordinación de diferentes

actores aplicados en este contexto. Si bien este modelo ha sido ampliamente descrito y estudiado en la literatura en términos de contribuciones al desarrollo económico y social, incluso con casos de aplicación ampliamente descritos, se observan pocos estudios que registran la aplicación de esta herramienta cuantitativa para la toma de decisiones en proyectos interdisciplinarios o de triple hélice, y es justamente el conocimiento que se busca aportar.

## Revisión de literatura

### El modelo de innovación de la triple hélice

Teorizado por Etzkowitz y Leydesdorff, (1995), este modelo constituye un marco conceptual que aborda las interacciones entre la universidad, la industria y el gobierno, como principales actores generadores de innovación, motor para la generación, transferencia y aplicación de conocimiento, el crecimiento económico y el desarrollo social. Este fue planteado como resultado de la revisión de diferentes hipótesis acerca de los vínculos entre estos tres actores y se han conocido tres versiones consecuentes. (Luengo & Obeso, 2013)

La Triple Hélice I plantea que, bajo la administración general del gobierno, se dirigen las relaciones entre la universidad y la industria, es decir que el estado ejerce un papel significativo en el sector industrial. Sin embargo, la Triple Hélice II separa las esferas institucionales y afirma su autonomía, viéndose limitada frente a fuertes barreras entre las relaciones ya establecidas. Finalmente, la Triple Hélice III establece una infraestructura de generación de nuevo conocimiento, superponiendo los actores y permitiendo que cada uno sume al rol del siguiente, surgiendo así organizaciones híbridas o redes trilaterales, tales como los Startups, que provienen de emprendedores que no pertenecen al sector laboral y no cuentan con experiencia empresarial ni técnica específica, Spin outs que conciben la generación de tecnología y requieren personal calificado, ofrecen productos a empresas que requieren esta tecnología y operan cuando una división de la organización se convierte en un negocio independiente, y Spin offs que son desarrolladoras en el sector empresarial, universitario o gubernamental, con apoyo de grupos de expertos que buscan innovar, consolidándose con recursos de empresas madre (Castillo et al., 2015).

Para comprender este modelo de la triple hélice es necesario concebir la innovación como concepto central, y el hecho de que constituye un proceso dinámico y cambiante que opera en la interfaz de los tres factores, dando lugar a los sistemas de innovación que conceptualizan estas dinámicas cambiantes en sistemas de producción y distribución de economías basadas en el conocimiento (De La Fe, 2009). Se sugiere así que la innovación es relevante en la triple hélice no sólo como unidad aislada de análisis, sino también como un proceso dinámico (Ranga & Etzkowitz, 2015). Esta interfaz de los tres factores constituye un medio de interacción entre la universidad, la industria y el gobierno. La universidad por su parte representa la generación de conocimiento y la formación de capital humano especializado, obviamente, con un papel estratégico. Por otro lado, la industria es el sector encargado de la capitalización y transformación del conocimiento en productos o servicios

comercializables, creando nuevas formas de capital sobre la base de la interacción social o actividades individuales. Finalmente, el gobierno actúa como ente regulador y promotor de políticas que faciliten y establezcan dichas interacciones (Castillo et al., 2015).

Considerando lo anterior, el modelo de triple hélice funciona como una heurística útil para orientar políticas y analizar procesos de innovación, ya que toma en cuenta variables sociológicas que pueden no reflejarse en la teoría económica. Este modelo puede aplicarse no sólo a innovaciones dirigidas al mercado, sino también a abordar diversos problemas sociales (De La Fe, 2009; Leydesdorff, 2012). No obstante, es importante considerar algunas críticas que recibe por no describir adecuadamente los procesos complejos de innovación, y en ese sentido algunos autores sugieren la necesidad de un mayor refinamiento y desarrollo de este modelo, especialmente en contextos donde existen múltiples actores y sistemas de innovación interconectados (Carayannis & Campbell, 2009).

### La triple hélice en proyectos interdisciplinarios

La investigación interdisciplinaria se distingue por un enfoque integrador que amalgama teorías, metodologías y perspectivas de diversas disciplinas con el objetivo de abordar problemáticas complejas. Este enfoque colaborativo y dinámico propicia la unión de expertos de distintos campos para fomentar la creación de soluciones innovadoras y perspectivas novedosas (Repko & Szostak, 2017). Así, los proyectos que adoptan el modelo de triple hélice, el cual engloba la colaboración entre academia, industria y gobierno, se conforman típicamente en equipos interdisciplinarios, y con el objetivo compartido de impulsar la innovación y el conocimiento. Estos equipos se caracterizan por su diversidad de enfoques y perspectivas, una complementariedad que fomenta la creatividad y la innovación en la resolución de problemas y facilita una transferencia de conocimientos (Derrick et al., 2012). Sin embargo, estos equipos también enfrentan retos, entre ellos, barreras en la comunicación debido a diferencias lingüísticas o de perspectiva entre disciplinas, conflictos de valores o prioridades, y desafíos en el liderazgo y en la integración de enfoques diversos (Anbari et al., 2004, citado en Montenegro & Papisava, 2023). Por esto, aunque la implementación de herramientas adecuadas de planificación, organización, seguimiento y control de proyectos son cruciales para el éxito de los mismos, también existen otros factores determinantes en proyectos interdisciplinarios, entre estos se incluyen una definición precisa del proyecto, la selección de estrategias apropiadas, competencias técnicas específicas, una estructura organizativa eficaz, una comunicación efectiva y una gestión de conflictos rápida y equitativa (Lock, 2007).

De hecho, existe una clasificación para estos factores determinantes del éxito en gestión de proyectos de triple hélice e interdisciplinarios (Radujković & Sjekavica, 2017): (1) Que el equipo cuente con elementos de competencia en gestión de proyectos, lo que incluye competencias técnicas, de comportamiento y contextuales del gerente, el equipo y la coordinación del proyecto. (2) que existan elementos de organización: Estructura, cultura, ambiente, alineamiento organizacional y gobernanza entre otros. (3) que se cuente con ciertos elementos de las metodologías, herramientas y técnicas de gestión de proyectos: Uso

de software, técnicas para la toma de decisiones, evaluación de riesgos, tecnología de la información y las comunicaciones (TIC). Precisamente en este contexto, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) ofrece una estructura clara que facilita los procesos de toma de decisiones en equipos de trabajo de esta naturaleza, ya que la colaboración entre academia, industria y gobierno observada en proyectos de innovación, no solo requiere un enfoque compartido en el desarrollo de soluciones, sino también presenta la necesidad de gestionar diferentes objetivos y restricciones de cada uno de los actores, así, el AHP brinda seguridad sobre que las preferencias de los diferentes actores se evalúen de manera coherente y lógica. Sin embargo, es relevante mencionar que el éxito de su aplicación también depende de factores como la selección de expertos y de criterios a evaluar, ya que estos representan tanto a la objetividad como a la validación cuantitativa que se obtendrá.

### Metodologías para la toma de decisiones

Entre los MCDM más populares se encuentran la Optimización multiobjetivo mediante análisis de ratios (Multi-MOORA), el cual compara ratios para evaluar y clasificar alternativas en función a los criterios según un análisis de razón (Brauers & Zavadskas, 2010) la técnica de preferencia de orden por similitud con la solución ideal (TOPSIS), que compara las alternativas con dos soluciones de referencia, ideal y no ideal, calculando la distancia entre las soluciones para clasificar las alternativas (Hwang & Yoon, 2012) el método VIKOR, adecuado para situaciones en las que se valora la proximidad a la solución ideal y la estabilidad de la alternativa establecida (Ceballos et al., 2016), y finalmente el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) que estructura un problema jerárquicamente y permite la comparación entre criterios y alternativas usando matrices de comparación (Al-Subhi, 2001). Este último método fue introducido a finales de la década de los 70, considerando la importancia de los aspectos cuantitativos y cualitativos para la toma de decisiones y el desarrollo de un enfoque sistémico para abordar decisiones complejas (Saaty & Vargas, 2012). Aspectos clave del método AHP lo constituyen la capacidad de establecer una estructura jerárquica, lo que facilita la simplificación y clasificación de los criterios de selección y las alternativas, el hecho de que permite evaluar la consistencia de las preferencias del tomador de decisiones de manera matemática y mediante el uso de matrices de referencia, y también el hecho de que posee la capacidad de incorporar y comparar diferentes puntos de vista de expertos (Al-Subhi, 2001). Otra ventaja del método AHP es su flexibilidad, ya que se adapta a una amplia gama de problemas de decisión. Este método goza de una amplia aplicación en áreas como la gestión empresarial, la planificación estratégica y la ingeniería (Saaty & Vargas, 2012), de hecho, este método contribuye a que los miembros de los equipos de proyectos interdisciplinarios utilicen su experiencia, valores y conocimientos para ver un problema de manera jerárquica y evalúen y prioricen colectivamente las alternativas en función de cada criterio, tal que les permita llegar a una decisión colectivamente objetiva (Al-Subhi, 2001). Para comparar la aplicación de AHP desde las diferentes perspectivas en el contexto de la triple hélice es necesario decir que, en el ámbito académico, AHP es valorado por su capacidad para sistematizar decisiones complejas, ya que integra criterios cualitativos y cuantitativos que facilitan la evaluación de la transferencia de conocimiento y la colaboración interdisciplinaria (Saaty, 2003).

AHP ha sido utilizada para medir el impacto de la investigación en la innovación tecnológica (Chulvi & Vidal, 2012) y destaca su utilidad en la priorización de proyectos de desarrollo científico. Sin embargo, en el contexto de la industria, AHP adquiere un enfoque más pragmático, su principal aplicación radica en la toma de decisiones estratégicas que buscan maximizar los resultados económicos (Liberatore & Nydick, 2008). Por otro lado, desde la perspectiva gubernamental, AHP permite priorizar políticas y proyectos que involucran múltiples partes interesadas, gestionando eficientemente criterios sociales, económicos y ambientales. No obstante, en entornos políticos complejos, el proceso de ponderación puede estar influenciado por presiones institucionales, lo que plantea desafíos para mantener la transparencia y la equidad en la toma de decisiones. Otros desafíos existentes son la subjetividad entre las comparaciones por pares, ya que en proyectos de este tipo los actores involucrados podrían presentar perspectivas muy diferentes, y se pueden representar sesgos si los expertos no son consistentes en sus evaluaciones. La cantidad de actores también interfiere en las comparaciones de pares, pues si no se delimita correctamente el número de factores involucrados, el proceso se hace más lento y complejo. Este estudio, por tanto, contribuye a llenar un vacío en el conocimiento al aplicar AHP en la toma de decisiones dentro de un proyecto interdisciplinario gestionado bajo el enfoque de la triple hélice. A través de la identificación y el análisis de los principales desafíos que surgieron durante la implementación del proyecto, este trabajo demuestra cómo AHP puede ser utilizado para priorizar criterios técnicos, y para mediar entre las múltiples perspectivas y disciplinas involucradas. Este estudio avanza en la comprensión de la gobernanza colaborativa en proyectos que integran academia, industria y gobierno, áreas en las que los estudios previos han sido limitados.

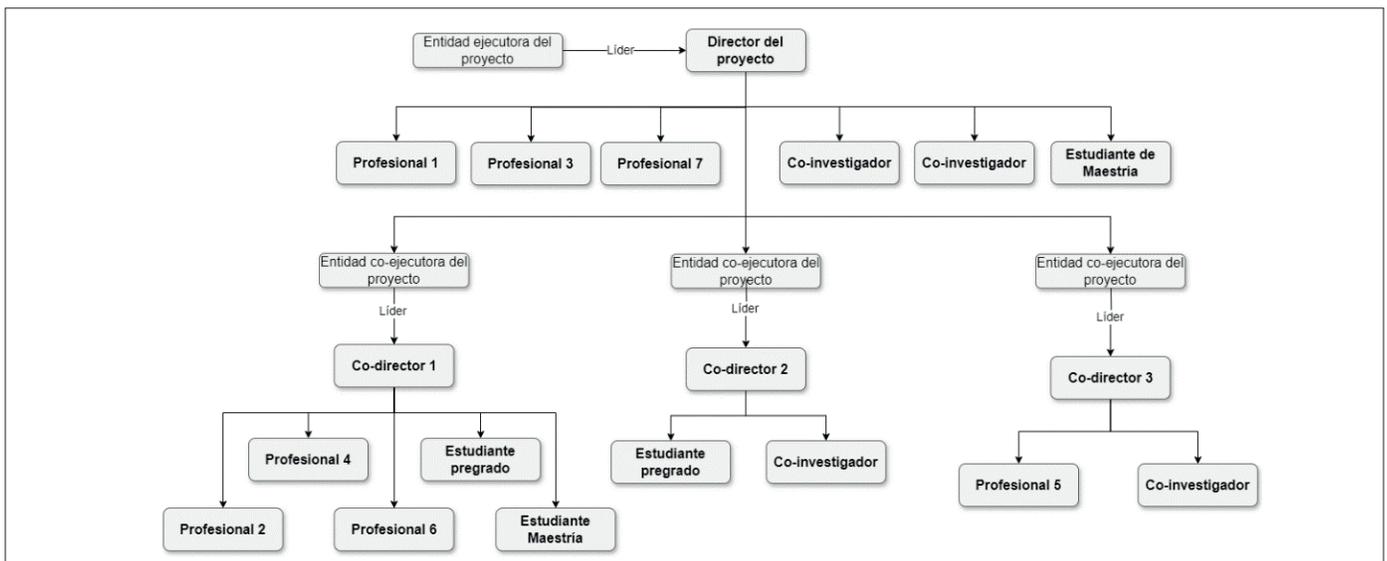
### Un Caso de Aplicación de AHP

El proyecto TDP es una iniciativa colombiana, que fue seleccionado como caso de estudio para esta investigación debido a su naturaleza

interdisciplinaria y su estructura de gobernanza que ejemplifica de manera integral la colaboración entre las esferas de la academia, la industria y el gobierno, pilares fundamentales del enfoque de triple hélice. Este proyecto, con un plazo de ejecución de 30 meses, financiado con fondos públicos y diseñado con un enfoque en la innovación educativa a través de tecnologías de la información y la gamificación, constituye un caso representativo de los desafíos que enfrentan las iniciativas educativas que buscan integrar actores de múltiples sectores en el contexto colombiano. Su objetivo, que es abordar un tema de gran relevancia social como lo es la memoria del conflicto armado mediante el aprendizaje social y la tecnología, lo convierte en un ejemplo típico de proyectos orientados a la innovación educativa en contextos de paz y reconciliación, temas que son de creciente interés en el ámbito académico y gubernamental. La diversidad interdisciplinaria y la rotación de personal que ha caracterizado al equipo de trabajo de TDP pone en evidencia problemas comunes en este tipo de proyectos, como la coordinación entre distintos actores con expectativas, disciplinas y agendas diversas (ver Figura 1, ver tabla 1).

Al mismo tiempo, el proyecto TDP presenta elementos únicos que justifican su selección. En particular, su enfoque innovador en la enseñanza de temas sensibles como el perdón y la justicia, a través de la gamificación y el uso de tecnologías de la información, lo sitúa a la vanguardia de la innovación educativa en Colombia. Además, los desafíos organizativos enfrentados, como la alta rotación de personal, las diferencias geográficas y horarias, y las tensiones internas en la toma de decisiones, ilustran los obstáculos específicos que pueden surgir en proyectos de triple hélice, ofreciendo una oportunidad única para examinar la aplicación del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) en la gestión de decisiones multicriterio en entornos interdisciplinarios. Estos aspectos hacen que el proyecto sea representativo de los desafíos comunes en proyectos de triple hélice, y lo hacen también un caso de estudio único por las complejidades adicionales derivadas de su temática y estructura organizativa.

Figura 1. Organigrama



Elaboración propia.

**Tabla 1.** Participantes activos, disciplinas, rangos de edad y entidad.

Cargo	Disciplina	Rango edad
Director del proyecto	Doctor en historia	>50
Co-director 1	Magíster en economía industrial y doctora en estrategia y marketing.	40 – 50
Co-director 2	Comunicador Social, maestría Tecnología Educativa y Medios Innovadores	>50
Co-director 3	Magister y Ph.D en filosofía	>50
Co-investigador	Licenciada en Humanidades y Lengua Castellana, posgrado en literatura.	40 – 50
Co-investigadora	Ph. D en psicología	40 – 50
Co-investigador	Comunicador Social con Maestría en Dirección del Desarrollo Local	30 – 40
Co-investigador	Administración de Empresas con Maestría en Desarrollo sostenible	40 – 50
Profesional 1	Est. Contaduría Pública	20 – 30
Profesional 2	Ingeniería Industrial	25 – 30
Profesional 5	Ingeniería Industrial	25 – 30
Profesional 6	Ingeniería Industrial	25 – 30
Estudiante Maestría	Maestría en Literatura	30 – 40
Estudiante Maestría	Maestría en Ingeniería Industrial	30 – 40
Estudiante Pregrado	Comunicación social	20 – 30
Estudiante Pregrado	Ingeniería Industrial	20 - 30

Elaboración propia.

TDP ha enfrentado desafíos notables relacionados con la gestión del talento humano y evidenciados en una alta rotación de personal que ha comprometido la continuidad y el flujo de trabajo. La variabilidad en la composición del equipo se ha visto reflejada en cambios frecuentes dentro de roles clave y en la partida de integrantes cruciales, algunos de los cuales se han trasladado al extranjero, introduciendo dificultades

adicionales para la coordinación debido a diferencias horarias. Estas situaciones han tensionado la infraestructura organizativa del proyecto, llevando incluso a la consideración de la retirada por parte de una de las instituciones colaboradoras debido a la insostenible carga laboral que el proyecto representa (Ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Integrantes no activos y razones de desvinculación.

Cargo	Disciplina	Razón de desvinculación
Co-director 2	Derecho	Incumple requisitos para vinculación.
Co-investigador	Ciencias de la comunicación	Cuestiones personales.
	Literatura Comparada, Filología Hispánica	Cuestiones personales.
Co-investigador	Gestión de la Innovación	Incumple requisitos para vinculación.
Profesional 2	Ingeniería Industrial	Cuestiones personales.
	Ingeniería Industrial	Bajo desempeño.
Profesional 3	Comunicación audiovisual y multimedial	Final periodo de vinculación presupuestado.
Profesional 4	Ingeniería Industrial	Final periodo de vinculación presupuestado.
Profesional 5	Ingeniería Industrial	Cuestiones personales.
Profesional 7	Educación Básica con énfasis en Humanidades y Lengua Extranjera - inglés	Final periodo de vinculación presupuestado.
Estudiante Maestría	Literatura	Incumple requisitos para vinculación.
Estudiante Maestría	Ingeniería Industrial	Cuestiones personales.
Estudiante Pregrado	Comunicación social	Incumple requisitos para vinculación.

Elaboración propia.

La diversidad del equipo, tanto en disciplinas como en rangos de edad, aunque enriquecedora, representa desafíos en la comunicación y cohesión del grupo, especialmente dada la dispersión geográfica de sus miembros y la dependencia de tecnologías de comunicación para la

interacción. La experiencia ha mostrado que, si bien la tecnología facilita la colaboración a distancia con beneficios en términos de costos, también puede complicar la dinámica de toma de decisiones, siendo las interacciones presenciales más efectivas en este aspecto.

En el transcurso de este proyecto, se presentó una decisión crítica, que requería la contratación de una entidad privada especializada en tecnología para el desarrollo de software de una herramienta gamificada. Esta herramienta sería destinada a facilitar la inmersión en la complejidad del conflicto armado en Colombia, abordando temas de gran sensibilidad de manera directa y profesional. Se buscaba emplear tecnologías de la información para ofrecer reflexiones interactivas e intuitivas sobre aspectos tan cruciales como el perdón, el desarrollo del conflicto y la dicotomía moral entre víctimas y victimarios. Lo que inicialmente

parecía una decisión técnica sin mayores complicaciones desencadenó un intenso debate interno sobre los criterios de selección del proveedor y puso a prueba la estructura de gobernanza del proyecto. La diversidad de opiniones sobre quién debería participar en este proceso decisivo—desde la inclusión de todo el equipo hasta la restricción a los cuatro líderes principales o la delegación exclusiva al equipo técnico—reflejaba no solo las variadas perspectivas dentro del equipo, sino también la complejidad inherente a la gestión de un proyecto interdisciplinario en un marco de triple hélice.

**Figura 2.** Oportunidades de mejora.

Comunicación: A medida que el tamaño del equipo crece, mantener una comunicación clara y efectiva entre todos sus miembros se vuelve más desafiante. Las diferencias en el lenguaje técnico entre disciplinas han complicado aún más la comunicación.
Coordinación en tareas, plazos y responsabilidades del equipo, que ha demandado una planificación meticulosa e incluso modificaciones en el cronograma.
Gestión de Conflictos: La diversidad de perspectivas y enfoques multidisciplinarios puede generar desacuerdos o tensiones y dificultar la alineación de objetivos.
Integración de Conocimientos y habilidades de las diferentes disciplinas.
Dilución de responsabilidades por parte de algunos miembros que se llegan a sentir menos responsables de los resultados del proyecto.
Toma de decisiones lenta por la necesidad de considerar y consensuar entre una amplia gama de opiniones y perspectivas.
Adaptarse a cambios en el proyecto es más complejo en equipos grandes y multidisciplinarios.
Construir y mantener una cultura de equipo positiva y un sentido de pertenencia entre miembros de diferentes disciplinas y antecedentes ha sido difícil.

#### Elaboración propia

Este escenario condujo a la identificación de la necesidad de desarrollar un modelo de evaluación riguroso y sistemático, que pudiera abordar eficazmente la toma de decisiones bajo criterios múltiples, implicando a diversos actores de la triple hélice. En respuesta a esta necesidad, surgió la propuesta de un modelo basado en AHP, que ofrece un marco cuantitativo robusto para desglosar el problema de decisión en sus componentes fundamentales, permitiendo una evaluación detallada y comparativa de las opciones disponibles en relación con una serie de criterios predefinidos. Lo que resta de este artículo relata la metodología técnica seguida para abordar esta toma de decisión de manera que se pudieran cumplir los objetivos propuestos del proyecto, y no se afectara la triple restricción: Alcance, tiempo y presupuesto.

### Metodología

Se adopta AHP como metodología central para abordar la toma de decisiones en un contexto de proyectos de innovación que involucran la colaboración entre la academia, la industria y el gobierno.

El primer paso involucra la identificación clara del problema a resolver, estableciendo el objetivo principal, la determinación de los criterios y subcriterios relevantes, y las alternativas disponibles. Esta estructuración jerárquica es fundamental para organizar los elementos del problema para que reflejen su composición real y las relaciones entre ellos. El segundo paso requiere la realización de comparaciones pareadas entre los elementos en cada nivel de la jerarquía respecto a su contribución relativa hacia el elemento en el nivel superior. Estas se cuantifican utilizando una escala de importancia estándar propuesta por Saaty

(ver Tabla 3.) En un tercer paso, las evaluaciones de las comparaciones pareadas se utilizan para construir matrices de juicio de valor. Luego, estas matrices se normalizan para obtener pesos relativos de importancia o prioridades de los elementos. Un aspecto crucial en este paso es el análisis de consistencia, que verifica la coherencia de las evaluaciones realizadas en las comparaciones pareadas. Finalmente, en un cuarto paso, se combinan los pesos obtenidos en todos los niveles de la jerarquía para determinar las prioridades globales de las alternativas. El análisis de los resultados permite identificar la mejor alternativa o estrategia de acuerdo con los criterios establecidos y el objetivo del proyecto (ver Tabla 4)

La metodología AHP se seleccionó por su capacidad para expresar la complejidad de la naturaleza multidimensional de la toma de decisiones en proyectos interdisciplinarios y se seleccionaron siete criterios para la evaluación de los proveedores. Esta selección está relacionada con los objetivos del proyecto de triple hélice y su enfoque en la innovación educativa. En primer lugar, se tuvo en cuenta el valor de la propuesta y el cumplimiento de los requerimientos por parte del proveedor, aspectos esenciales para garantizar que la solución tecnológica desarrollada se ajuste a las necesidades específicas del proyecto, que busca una inmersión educativa en temas sensibles como el conflicto armado. Estos criterios aseguran que la herramienta gamificada cumpla con los estándares técnicos y pedagógicos necesarios para facilitar el aprendizaje de manera efectiva. Además, se eligieron criterios relacionados con la experiencia en desarrollo de software educativo o comercial, lo que resulta fundamental para garantizar que el proveedor cuente con el conocimiento y las habilidades necesarias para crear una solución

adaptada al contexto educativo. La interfaz y la experiencia del usuario deben estar alineadas con los objetivos de enseñanza y aprendizaje. Del mismo modo, la garantía y soporte ofrecidos son factores críticos en un proyecto que involucra tanto a la academia como a entidades públicas y privadas, asegurando la sostenibilidad de la solución y la capacidad para adaptarse a posibles ajustes en el futuro.

Por su parte, se incluyó un criterio de experiencia en contratación con entidades públicas, que refuerza la relación con el gobierno, uno de los pilares de la triple hélice, asegurando que el proveedor sea capaz de cumplir con los marcos regulatorios y administrativos necesarios. Por último, la capacidad financiera del proveedor y los elementos

diferenciadores como premios o reconocimientos son indicadores de estabilidad y liderazgo en el sector, lo cual es crucial para un proyecto de innovación que busca no solo una solución funcional, sino una que además sea pionera y reconocida en el ámbito de la tecnología educativa. Para ver el detalle de los criterios, consultar Figura 3.

En este estudio la toma de decisiones se llevó a cabo mediante matrices de juicio de valor y las matrices normalizadas las cuales evaluaron cada factor según su relevancia establecida frente a los demás, finalmente se calculó el índice de consistencia y la ratio de consistencia para sortear las posibles inconsistencias en los juicios de los expertos durante el proceso.

**Tabla 3.** Escala fundamental de comparación por pares.

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia.	El criterio A contribuye al objetivo en la misma medida que el criterio B.
3	Importancia moderada.	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte / grande.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B.
7	Importancia muy fuerte /muy grande.	La experiencia y el juicio presentan al criterio A como mucho más importante que B.
9	Importancia extrema.	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de duda.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios.	La importancia de A frente a B corresponde a un valor intermedio.

Nota. Adaptado de Saaty y Vargas (2012). Es necesario tener en cuenta los recíprocos de lo anterior, por ejemplo, si el criterio A es de importancia moderada frente al criterio B, se obtendría que criterio A frente a B es igual a 3/1 y que criterio B frente a A es igual a 1/3.

**Tabla 4.** Valores de consistencia aleatoria promedio en función del tamaño de la matriz.

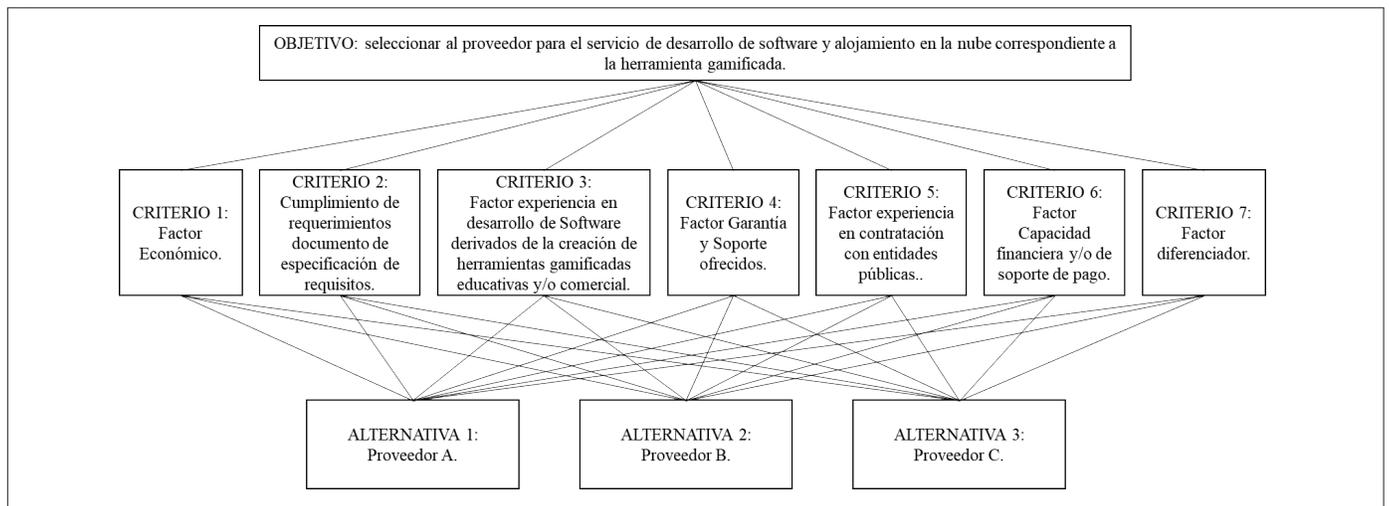
Tamaño N de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Nota. Elaboración propia a partir de (Saaty & Vargas, 2012)

## Resultados

En este ejercicio, los proveedores se denotaron como proveedor A, B y C respectivamente para proteger sus datos empresariales y mantener el criterio de anonimato. Así es posible obtener la representación jerárquica observada en la Figura 3.

**Figura 3.** Estructura jerárquica para el caso de estudio y criterios analizados



Elaboración propia.

El segundo paso adaptado de la metodología de Saaty y Vargas, (2012) es la comparación de pares, que fue realizada siguiendo la estructura jerárquica de la Figura 3. El grupo estaba conformado por expertos del equipo de trabajo pertenecientes a áreas de conocimiento complementarias como: ingeniería industrial, ingeniería de sistemas, comunicación, filosofía y filología. De igual forma, se consultó a expertos externos al equipo de trabajo en áreas como el diseño, desarrollo de software e ingeniería de sistemas. Esta comparación se realizó en primer lugar en pares de criterios considerando su importancia frente al par, y seguidamente entre alternativas comparadas entre ellas frente a cada uno de los criterios.

Para proseguir con el diseño metodológico, se construyeron las matrices de juicio de valor y las matrices normalizadas y se realizó el análisis de consistencia. En la Tabla 5, es posible observar la matriz de comparación de criterios obtenida luego de la comparación de pares, una vez normalizada, al promediar los valores de cada fila se obtiene el vector de prioridad de criterios (Vpc). Para verificar la consistencia de la matriz es necesario encontrar el vector A multiplicando la matriz de comparación de criterios con Vpc obtenido, al dividir el vector A en el Vpc se obtiene el vector B y el promedio de este será considerado λ<sub>máx</sub>.

Finalmente se usan la Ecuación 1 y Ecuación 2 para encontrar el valor del índice de consistencia CI, la consistencia aleatoria RI tal como se especificó en la Tabla 4, y la ratio de consistencia RC, que para el caso de matrices con n = 7 debe ser menor al 10%. Este mismo proceso se repite comparando las alternativas en función de cada criterio considerado, generando así siete matrices con n = 3, y, por ende, siete vectores de prioridad por criterio (Vpc1, Vpc2 ... Vpc7) tal y como se observa en la Tabla 5.

Ecuación 1. Índice de Consistencia.

$$CI = \frac{\lambda_{máx} - n}{n - 1}$$

Ecuación 2. Ratio de Consistencia.

$$RC = \frac{CI}{RI}$$

Tabla 5. Matrices de comparación de criterios.

Matriz de comparación de criterios							
Criterios	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	5	6	7	9
2	1/2	1	2	4	5	7	9
3	1/3	1/2	1	3	2	5	9
4	1/5	1/4	1/3	1	3	2	5
5	1/6	1/5	1/2	1/3	1	2	7
6	1/7	1/7	1/5	1/2	1/2	1	7
7	1/9	1/9	1/9	1/5	1/7	1/7	1
Total	2,45	4,20	7,14	14,03	17,64	24,14	47,00

Matriz de comparación de criterios normalizada									
Criterios	1	2	3	4	5	6	7	Total	Vector de prioridad de criterios (Vpc)
1	0,41	0,48	0,42	0,36	0,34	0,29	0,19	2,48	0,3544
2	0,20	0,24	0,28	0,29	0,28	0,29	0,19	1,77	0,2531
3	0,14	0,12	0,14	0,21	0,11	0,21	0,19	1,12	0,1601
4	0,08	0,06	0,05	0,07	0,17	0,08	0,11	0,62	0,0883
5	0,07	0,05	0,07	0,02	0,06	0,08	0,15	0,50	0,0711
6	0,06	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,15	0,37	0,0535
7	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,14	0,0195

Consistencia de la matriz	
A	B
2,75927	7,7853
2,00953	7,94088
1,25525	7,84208
0,69383	7,85701
0,53406	7,51157
0,3888	7,26706
0,14029	7,17832

λ <sub>máx</sub>	7,6260
CI	0,104
RI	1,35
RC	7,73%

< 10%

Elaboración propia. Apéndice 1.

Tabla 6. Matrices de comparación de alternativas por criterio.

Matriz de comparación de alternativas por criterio.				Matriz normalizada.					Consistencia	
<b>Criterio 1</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 1</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc1</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0070
<b>A</b>	1	0,3333	3	<b>A</b>	0,23	0,23	0,27	0,24	<b>CI</b>	0,004
<b>B</b>	3	1	7	<b>B</b>	0,69	0,68	0,64	0,67	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	0,3333	0,1429	1	<b>C</b>	0,08	0,10	0,09	0,09	<b>RC</b>	0,68% < 5%
<b>Total</b>	4,3333	1,4762	11							
<b>Criterio 2</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 2</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc2</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0020
<b>A</b>	1	2	7	<b>A</b>	0,61	0,62	0,58	0,60	<b>CI</b>	0,001
<b>B</b>	0,5	1	4	<b>B</b>	0,30	0,31	0,33	0,32	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	0,1429	0,25	1	<b>C</b>	0,09	0,08	0,08	0,08	<b>RC</b>	0,19% < 5%
<b>Total</b>	1,6429	3,25	12							
<b>Criterio 3</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 3</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc3</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0126
<b>A</b>	1	0,2	0,14286	<b>A</b>	0,08	0,09	0,07	0,08	<b>CI</b>	0,006
<b>B</b>	5	1	1	<b>B</b>	0,38	0,45	0,47	0,44	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	7	1	1	<b>C</b>	0,54	0,45	0,47	0,49	<b>RC</b>	1,21% < 5%
<b>Total</b>	13	2,2	2,1429							
<b>Criterio 4</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 4</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc4</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0037
<b>A</b>	1	0,2	0,33333	<b>A</b>	0,11	0,12	0,10	0,11	<b>CI</b>	0,002
<b>B</b>	5	1	2	<b>B</b>	0,56	0,59	0,60	0,58	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	3	0,5	1	<b>C</b>	0,33	0,29	0,30	0,31	<b>RC</b>	0,36% < 5%
<b>Total</b>	9	1,7	3,3333							
<b>Criterio 5</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 5</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc5</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0026
<b>A</b>	1	0,14286	0,5	<b>A</b>	0,10	0,10	0,11	0,10	<b>CI</b>	0,001
<b>B</b>	7	1	3	<b>B</b>	0,70	0,68	0,67	0,68	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	2	0,33333	1	<b>C</b>	0,20	0,23	0,22	0,22	<b>RC</b>	0,25% < 5%
<b>Total</b>	10	1,4762	4,5							
<b>Criterio 6</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 6</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc6</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0000
<b>A</b>	1	1	1	<b>A</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	<b>CI</b>	0,000
<b>B</b>	1	1	1	<b>B</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	1	1	1	<b>C</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	<b>RC</b>	0,00% < 5%
<b>Total</b>	3	3	3							
<b>Criterio 7</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Criterio 7</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Vpc7</b>	$\lambda_{\text{máx}}$	3,0000
<b>A</b>	1,00	1	1	<b>A</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	<b>CI</b>	0,000
<b>B</b>	1	1,00	1,00	<b>B</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	<b>RI</b>	0,52
<b>C</b>	1	1	1,00	<b>C</b>	0,33	0,33	0,33	0,33	<b>RC</b>	0,00% < 5%
<b>Total</b>	3,00	3,00	3,00							

Elaboración propia. Apéndice 1.

Finalmente, en la Tabla 7 se presenta el vector de prioridad de criterios y los respectivos vectores de prioridad por criterio para cada proveedor, al realizar la suma producto de estos es posible obtener los ratios o puntajes finales correspondientes a cada proveedor.

Tabla 7. Vectores, resultados y ratios finales.

Criterios		Proveedores									
Vcp	1	0,354	Vpc1	A	0,243	B	0,669	C	0,088	Total	1
	2	0,253		Vpc2	0,602	0,315	0,082	1			
	3	0,160		Vpc3	0,078	0,435	0,487	1			
	4	0,088		Vpc4	0,110	0,581	0,309	1			
	5	0,071		Vpc5	0,103	0,681	0,216	1			
	6	0,054		Vpc6	0,333	0,333	0,333	1			
	7	0,020		Vpc7	0,333	0,333	0,333	1			
	Total	1									

Proveedor			
	A	B	C
Ratios finales	0,2925	0,5105	0,1970

Elaboración propia. Apéndice 1.

**Discusión**

Tras la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se revela que el proveedor B emerge como la opción más favorable a elegir con una ratio final de 0,5105 superando a las demás alternativas en función de los criterios específicos evaluados. En contraste, el proveedor A presenta una ratio final con 0,2925, y el proveedor C registra la ratio final más baja con 0,1970. Dicho resultado es compatible ya que el proveedor A presentó valores altos frente a los demás proveedores en criterios especialmente relevantes como (1) Valor de la propuesta y (2) cumplimiento de requerimientos del documento de especificación de requisitos. Por otra parte, el proveedor B presentó valores sobresalientes en criterios como (4) Garantía y soporte ofrecidos por el proveedor y (5) Experiencia en contratación con entidades públicas, finalmente el proveedor C presentó valores sobresalientes en el criterio (3) Experiencia en desarrollo de software educativo o comercial.

Ahora bien, respecto a los criterios (6) Capacidad financiera del proveedor y (7) Elementos diferenciadores como premios o reconocimientos que haya recibido la empresa con anterioridad, es posible notar que los tres proveedores obtuvieron puntaje de 1, ya que presentaron igual de condiciones de capacidad financiera e igualdad de elementos diferenciadores como premios o reconocimientos, generando así dos matrices 3x3 totalmente idénticas. Es posible que al analizar dicha situación pueda considerarse necesario eliminar o descartar aquellos factores que pueden no representar alguna diferencia significativa entre los proveedores para la toma de decisiones, sin embargo, se decide mantenerlos e incluirlos ya que hacen parte de los requerimientos planteados inicialmente y si los tres proveedores cumplen con esto deben obtener el valor a su favor.

Al haber sido seleccionado por su capacidad destacada en la oferta de garantía y soporte, así como experiencia en contratación con entidades públicas, el proveedor B garantiza una continuidad técnica del proyecto,

y brinda una estructura de soporte requerida para proyectos educativos e innovadores de este tipo. Dado que el éxito de la herramienta gamificada a desarrollar no sólo depende del desarrollo tecnológico, sino también de la validación y aceptación por parte de los actores involucrados, se considera positivo contar con un proveedor que haya demostrado potencial para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Por otro lado, sobre las consistencias de las matrices, se obtuvo que para la matriz de comparación de criterios un valor de RC de 7,73%, consistente al ser menor que el 10%, representa que la comparación de pares realizada por los expertos y tomadores de decisión frente a los criterios definidos es consistente en sus juicios, al igual que las matrices de comparación de alternativas por criterio que presentaron valores menores al 5%. Incluyendo las matrices de los criterios (6) y (7) que por la característica mencionada presentaron un RC de 0,0%.

Es fundamental mencionar que el principal propósito de la comparación de pares no fue buscar el RC más consistente posible, sino evaluar desde diversos puntos de vista cada criterio y otorgar la jerarquía según un sentido lógico. Por ende, los puntajes registrados reflejan las opiniones de los tomadores de decisiones, siendo coherentes con la consistencia de la matriz, en lugar de buscar la consistencia en función de dichas puntuaciones. La metodología AHP ha permitido desglosar el proceso de decisión en componentes manejables, haciendo más transparente y objetiva la selección entre alternativas múltiples. Esto es particularmente relevante en proyectos con la complejidad y el alcance de proyectos de triple hélice, en los que las decisiones impactan no solo el resultado del proyecto, sino también las relaciones entre los diferentes actores. El proyecto se beneficia al elegir un proveedor competente, ya que la toma de decisiones refuerza la sinergia entre los tres actores clave, consolidando un sistema colaborativo en el que cada actor ha aportado según sus fortalezas para generar un producto de valor en innovación educativa

Adicionalmente, la estructura jerárquica del AHP promueve una comprensión común de los objetivos del proyecto y los criterios de decisión entre los miembros del equipo, que provienen de disciplinas variadas. Esto ha mejorado significativamente la colaboración interdisciplinaria, ya que cada participante puede ver cómo su contribución se alinea con los objetivos globales del proyecto. Es importante también mencionar que, al enfrentar un proyecto con numerosos participantes y variables, la gestión de la complejidad y la incertidumbre se convierte en un desafío crítico, y el AHP ha demostrado ser particularmente efectivo en este sentido, permitiendo a los gestores del proyecto evaluar de manera estructurada y sistemática las diferentes opciones y sus posibles impactos.

Si bien los resultados se alinean con lo descrito por Etzkowitz y Leydesdorff, (1995) al destacarse la importancia de la colaboración entre actores de la triple hélice para el fomento de la innovación, esta idea se refuerza al demostrar en un caso práctico cómo la implementación de AHP facilita la integración de diferentes perspectivas frente a una decisión. En este mismo sentido, Castillo et al., (2015) resaltan que la triple hélice requiere la aplicación de herramientas que equilibren intereses de los involucrados, Ceballos et al., (2016) resalta que este método si bien es cuantitativo, permite integrar de manera efectiva criterios tanto cualitativos como cuantitativos, tal y como se observa en los criterios principales considerados para el caso de estudio. Además, la flexibilidad para adaptar estos criterios a necesidades específicas, coincide con (Liberatore & Nydick, 2008) al señalar la complejidad de proyectos con intereses diferentes entre los múltiples pares, y el riesgo existente en la subjetividad de los expertos o la elección de criterios, resaltando la importancia del proceso de selección de los mismos como un factor determinante para la toma de decisiones efectiva.

Durante la aplicación del caso de estudio descrito, uno de los desafíos identificados es la subjetividad inherente en las comparaciones de pares, limitación ya señalada por autores como Saaty y Vargas (2012) en la que los intereses de los actores pueden ser divergentes y difícil de identificarse con claridad. En este caso, algunos actores formados en ciencias humanas daban mayor importancia a criterios cualitativos y de narrativa, otros actores formados en ingeniería resaltaban criterios como el de requerimientos técnicos y económicos, mientras que, de la misma manera se debía dar relevancia a factores legales y de contratación. Es por esto que previamente surge un espacio de discusión y diálogo en el que, mediante el uso de lógica y argumentación, el equipo llegó a un consenso incluyendo todos los factores considerados como críticos.

Finalmente, los hallazgos tienen importantes implicaciones prácticas, por un lado, la selección del proveedor B mediante la metodología AHP permite realizar una elección más transparente, basada en un análisis integral, con un equilibrio entre los criterios evaluados (precio, calidad, cumplimiento, experiencia, garantía, etc.) y una reducción de sesgos, lo que permite una mejor toma de decisiones y un incremento en las probabilidades de éxito del proyecto. Por otro lado, presenta conocimiento relevante para la gestión de proyectos interdisciplinarios similares que involucren actores de la triple hélice (academia, gobierno e industria) y requieran alinear sus intereses y objetivos para lograr

consensos y llegar no solo a la toma de decisiones puntuales y adecuadas, si no para mejorar el aprendizaje organizacional continuamente, impactando positivamente en proyectos futuros. Considerando que la aplicación de AHP suele ser más utilizada para seleccionar tecnologías, este estudio es innovador en tanto que muestra su utilización en un área poco explorada correspondiente a la elección de un proveedor. Lo anterior, considerando, que su adaptabilidad y capacidad para manejar múltiples criterios y alternativas, la hace adecuada para una amplia gama de aplicaciones, desde la innovación educativa hasta el desarrollo tecnológico y la planificación estratégica (Liberatore & Nydick, 2008)

## Conclusiones

Este estudio proporciona una contribución significativa a la comprensión de la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en proyectos de innovación educativa bajo el enfoque de la triple hélice, ofreciendo evidencia empírica sobre su efectividad en la toma de decisiones multicriterio en contextos interdisciplinarios. La aplicación del AHP permitió no solo facilitar la selección de proveedores tecnológicos en un proyecto de alta complejidad, sino también unificar criterios y mejorar la coordinación entre los actores de la academia, la industria y el gobierno. Los resultados subrayan la capacidad del AHP para optimizar la toma de decisiones en proyectos de este tipo, destacando su utilidad como una metodología cuantitativa estructurada que mejora la gestión de proyectos en entornos con múltiples perspectivas.

El valor de esta investigación radica en que se propone una metodología robusta y sistemática para abordar los desafíos que presentan los proyectos de triple hélice, donde se deben conciliar intereses diversos de manera eficiente. A través del caso de estudio, el AHP demostró ser una herramienta eficaz para enfrentar la complejidad inherente a la gestión de decisiones en proyectos interdisciplinarios, contribuyendo significativamente a la literatura existente sobre la gestión de proyectos de innovación educativa.

A pesar de sus beneficios, se identificaron algunas limitaciones del AHP, particularmente en lo que respecta a la subjetividad en las comparaciones de pares. Esta subjetividad, basada en los juicios individuales, puede comprometer la objetividad de los resultados, especialmente en proyectos que involucran un gran número de criterios. Futuros estudios podrían abordar esta limitación mediante la integración de metodologías complementarias, como la constitución de paneles de expertos más amplios y diversos, para reducir la influencia de opiniones individuales (Ishizaka & Labib, 2011). Además, la integración de un análisis de sensibilidad podría reforzar la robustez de los resultados, proporcionando una visión más completa sobre cómo pequeños cambios en los juicios podrían afectar las decisiones finales. Este enfoque sería particularmente útil en proyectos de innovación educativa, donde las decisiones multicriterio pueden estar sujetas a cambios dinámicos y condiciones cambiantes.

El manejo de un elevado número de criterios y alternativas es otro desafío que enfrenta el AHP, especialmente en proyectos grandes y

complejos. En este contexto, el uso de software especializado y la simplificación de la estructura jerárquica a través de la agrupación de criterios similares pueden ofrecer soluciones prácticas (Ishizaka & Labib, 2011). Asimismo, la combinación del AHP con métodos cualitativos, como entrevistas o grupos focales, podría enriquecer la comprensión del contexto del proyecto, proporcionando una visión más profunda de las percepciones y experiencias de los participantes. La integración del análisis de Monte Carlo, en conjunción con el AHP, es otra opción que permitiría simular escenarios y obtener una comprensión más detallada de las posibles consecuencias de las decisiones tomadas (Yaraghi et al., 2015)

Además, se sugiere explorar enfoques más dinámicos que permitan la actualización de criterios y alternativas en función de la evolución del proyecto, así como la integración del análisis PESTEL para evaluar el impacto de factores externos, como los cambios políticos, económicos o tecnológicos, en la toma de decisiones.

Desde una perspectiva práctica, este estudio ofrece implicaciones importantes para la gestión de proyectos interdisciplinarios. Los hallazgos podrían informar políticas públicas orientadas a mejorar la gestión de proyectos de innovación educativa, así como ofrecer orientaciones estratégicas para optimizar la colaboración entre actores de la academia, la industria y el gobierno. Además, estudios futuros que comparen el AHP con otras metodologías de toma de decisiones multicriterio en contextos de triple hélice, así como investigaciones longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de las decisiones tomadas mediante AHP, proporcionarían valiosa orientación sobre la selección de las metodologías más adecuadas en diferentes tipos de proyectos.

## Agradecimientos

Este artículo es resultado del proyecto “Testimonios de Paz - Propuesta pedagógica gamificada sobre historias de paz y reconciliación de actores del conflicto armado colombiano”, convocatoria 890 Minciencias, contrato Icetex 2021-1081. Universidades participantes: Universidad de Antioquia, Universidad Industrial de Santander, Instituto Tecnológico Metropolitano y Universidad Francisco de Paula Santander.

## Referencias

Al-Subhi, K. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00038-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038-1)

Amaya Amaya, J. (2009). *Toma de Decisiones Gerenciales: Métodos cuantitativos para la administración*. (2da ed.). ECOE Ediciones.

Anbari, F. T., Khilkanova, E., Romanova, M., & Umpleby, S. (2004). Managing cultural differences in international projects. *Journal of International Business and Economics*, 2(1), 267–274.

Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2010). Project management by multimooora as an instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5–24. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.01>

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). “Mode 3” and “Quadruple Helix”: Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3–4), 201–234. <https://doi.org/10.1504/ijtm.2009.023374>

Castillo, L., Lavín, J., & Pedraza, N. (2015). La gestión de la triple hélice: fortaleciendo las relaciones entre la universidad, empresa, gobierno. *Multiciencias*, 14(4). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/multiciencias/article/view/19482>

Ceballos, B., Lamata, M. T., & Pelta, D. A. (2016). A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods. *Progress in Artificial Intelligence*, 5(4), 315–322. <https://doi.org/10.1007/s13748-016-0093-1>

Chesbrough, H. W. (2003). *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press. Harvard Business Review Press.

Chulvi, V., & Vidal, R. (2012). *Relación De Factores De Innovación En El Producto Y*. 11–13.

Dansk Standard. (2021). The Standard for Project Management. *The Project Management Institute*, 1–7. <https://findit.dtu.dk/en/catalog/61f92f6644ccb17cdd9f5c1>

De La Fe, T. G. (2009). El modelo de triple hélice de relaciones universidad, industria y gobierno: Un análisis crítico. *Arbor*, 185(738), 739–755. <https://doi.org/10.3989/arbor.2009.738n1049>

Derrick, E. G., Falk-Krzesinski, H. J., Roberts, M. R., Olson, S., & Science, A. A. for the A. of. (2012). Facilitating Interdisciplinary Research and Education: A Practical Guide. *Facilitating Interdisciplinary Research and Education: A Practical Guide*. <http://www.aaas.org/cspsp/interdisciplinary/guide/>

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). a Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *EASST Review*, 14(1), 14–19.

García Higuera, J. A. (2014). *El proceso de toma de decisiones y resolución de problemas*.

Garel, G. (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31(5), 633–699. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.011>

- Hwang, C. L., & Yoon, K. (2012). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer Science & Business Media.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Kerzner, H. (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *University of Amsterdam, Amsterdam School of Communication Research (ASCoR), February*, 1–17. <https://doi.org/10.1109/UGIM.2012.6247096>
- Liberatore, M. J., & Nydick, R. L. (2008). The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.05.001>
- Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de proyectos* (1st ed.). Pearson Education.
- Lock, dennis. (2007). *Project Management* (ninth). Gower Publishing Limited. <https://doi.org/10.1145/1082983.1082987>
- Luengo, M. J., & Obeso, M. (2013). El efecto de la triple hélice en los resultados de innovación. *Revista de Administração de Empresas*, 53, 388–399.
- Montenegro, M., & Papasava, A. (2023). Cultural Diversity in Police Organizations: A Quantitative Study between Two Generations of Recruits at the Rio Grande Do Norte State Police. *Open Journal of Social Sciences*, 11(03), 138–163. <https://doi.org/10.4236/jss.2023.113010>
- Morris, P. W. (2013). *Reconstructing Project Management*. John Wiley & Sons.
- Radujković, M., & Sjekavica, M. (2017). Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, 196(June), 607–615. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.048>
- Ranga, M., & Etzkowitz, H. (2015). Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society. *Entrepreneurship and Knowledge Exchange*, 117–158.
- Repko, A. F., & Szostak, R. (2017). *Interdisciplinary Research: Process and Theory* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Roy, B. (2013). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>
- Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*, 145(1), 85–91. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00227-8)
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (2nd ed.). Springer US. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Velez García, S., Zapata cortes, J. A., & Henao Rosero, A. (2018). Gestión de Proyectos: origen, instituciones, metodologías, estándares y certificaciones. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24), 68–76. <https://doi.org/10.31908/19098367.3818>
- von Hippel, E. (2018). Democratizing Innovation. In *Democratizing Innovation*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/2333.003.0010>
- Wallace, W. (2014). Gestión de Proyectos - Definición de Proyectos. *Edinburgh Business School, 2014*(1106), 68. <https://ebs.online.hw.ac.uk/documents/course-tasters/spanish/pdf/pr-bk-taster.pdf>
- Yaraghi, N., Tabesh, P., Guan, P., & Zhuang, J. (2015). Comparison of AHP and Monte Carlo AHP under different levels of uncertainty. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 62(1), 122–132. <https://doi.org/10.1109/TEM.2014.2360082>

