

Capítulo 3

Valoración del impacto social mediante la aplicación de un modelo de decisión multicriterio*

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287818446.03>

Wilson Javier Castro Torres
Aldemar Serrano Cuervo
David Fernando Monroy Anaya

Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"

Resumen: La valoración sistemática del impacto social (IS) de la investigación representa un desafío fundamental para las instituciones que financian y promueven la ciencia. Este capítulo aborda la necesidad de una metodología robusta para cuantificar y calificar el IS de los proyectos de investigación desarrollados en el marco de Minciencias, Colombia. Se propone un modelo híbrido que integra la simplicidad y transparencia de los modelos de puntuación con el rigor analítico y la capacidad de ponderación de criterios del Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Este enfoque no solo busca proporcionar una valoración más objetiva y matizada del IS, sino también fortalecer la rendición de cuentas, optimizar la asignación de recursos y alinear las inversiones en investigación con los objetivos estratégicos de desarrollo nacional. La implementación de esta aplicación permitirá a los proyectos de investigación evaluar de manera efectiva cómo contribuyen al IS a través de sus dimensiones de análisis.

Palabras clave: evaluación; impacto social; ponderación de factores; método analítico jerárquico; dimensiones de análisis.

* Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación "Desafíos contemporáneos en la investigación para la formación y doctrina en seguridad y defensa en la Escuela Superior de Guerra: Reingeniería VINVE FASE I", del grupo de investigación Centro de Gravedad, de la Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto", categorizado en A1 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) y registrado con el código COL2025109461-15. Los puntos de vista y los resultados de este capítulo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Wilson Javier Castro Torres

PhD (c) en Dirección Gerencial, Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica. Magíster en Administración de Empresas – MBA, y magíster en Administración de Proyectos, Escuela Europea de Administración y Empresa, España. Especialista en Gestión de Calidad y Productividad, Universidad Autónoma de Colombia. Especialista en Gerencia de Proyectos, Universidad Piloto de Colombia. Ingeniero industrial, Universidad Republicana, Colombia. Ingeniero mecánico, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Colombia. Docente e investigador, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9690-8935-9280> - Contacto: wilson.castro@esdeg.edu.co

Aldemar Serrano Cuervo

Coronel del Ejército Nacional de Colombia. Docente e investigador en Estudios Estratégicos de Seguridad y Defensa. Estancia postdoctoral en Pensamiento Complejo, Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, México. Doctor en Logística y Gestión de Cadenas de Suministros, Universidad de La Sabana, Colombia. Magíster en Seguridad y Defensa Nacionales, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Administrador de Empresas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Profesional en Ciencias Militares, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Colombia. Vicedirector de Investigación, Jefe del Doctorado en Estudios Estratégicos, Seguridad y Defensa y Jefe del Sello Editorial ESDEG. <https://orcid.org/0000-0003-3344-3177> Contacto: aldemar.serrano@esdeg.edu.co

David Fernando Monroy Anaya

Maestrando en Estrategia y Geopolítica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Internacionalista y Politólogo Cum Laude, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Profesional en Sistema Integrado de Investigación Académica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-7600-5920> - Contacto: david.monroy@esdeg.edu.co

Citación APA: Castro-Torres, W. J., Serrano-Cuervo, A., Monroy-Anaya, D. F. (2026). Valoración del impacto social mediante la aplicación de un modelo de decisión multicriterio. En A. Serrano-Cuervo & D. F. Monroy Anaya (Eds.), *Impacto social y apropiación social del conocimiento en investigación de seguridad y defensa* (pp. 103-132). Sello Editorial ESDEG. <https://doi.org/10.25062/9786287818446.03>

IMPACTO SOCIAL Y APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO EN INVESTIGACIÓN DE SEGURIDAD Y DEFENSA

ISBN impreso: 978-628-7818-43-9

ISBN digital: 978-628-7818-44-6

DOI: <https://doi.org/10.25062/9786287818446>

Colección Seguridad y Defensa

Sello Editorial ESDEG

Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”

Bogotá D.C., Colombia

2026



Introducción

La comunidad científica global, las agencias de financiación y las instituciones gubernamentales y otros actores del ecosistema de ciencia y tecnología en Colombia han experimentado un cambio significativo en la forma como se evalúa la investigación. Más allá de las métricas académicas tradicionales, como el número de publicaciones o el índice de citación, existe un énfasis creciente en demostrar el impacto societal de las inversiones en investigación (Arsalan, 2025). Este cambio se impulsa por la necesidad de justificar la financiación pública y privada para asegurar que la investigación genere beneficios tangibles para individuos, comunidades, organizaciones y economías en distintas áreas. Esta presión por la rendición de cuentas subraya un imperativo fundamental: los fondos invertidos en investigación deben traducirse en un bien público claro y medible. En consecuencia, se están desarrollando nuevos marcos y métricas que van más allá de la bibliometría tradicional para capturar un valor societal más amplio (Marulanda et al., 2022).

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia tiene un mandato estratégico que se alinea directamente con esta tendencia global. Sus objetivos principales incluyen fomentar una cultura de generación, apropiación y popularización del conocimiento, fortalecer la capacidad científica y tecnológica, promover el desarrollo regional y mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos (Minciencias, 2021). A pesar de estos amplios objetivos, la documentación pública a menudo no detalla explícitamente las metodologías específicas para evaluar el impacto social (IS) de los proyectos de investigación. Esta brecha entre la ambición política, la evaluación práctica y los intereses organizacionales de las instituciones de educación superior es un desafío común en la gestión de la investigación, toda vez que se establecen metas ambiciosas, pero los mecanismos medibles para evaluar su logro pueden estar menos desarrollados. Una aplicación estructurada para la valoración del IS puede cerrar esta brecha, proporcionando un medio cuantificable para vincular los objetivos de política de alto

nivel de Minciencias y la prospectiva en investigación con los resultados sociales concretos de sus inversiones en investigación. Dicha aplicación serviría como una herramienta crítica para la retroalimentación y el perfeccionamiento de políticas, lo cual aseguraría que la inversión en ciencia se traduzca en mejoras tangibles para la sociedad colombiana.

Modelos de puntuación para la evaluación y toma de decisiones

Un modelo de puntuación o *scoring* es una herramienta sistemática empleada para asignar un valor comparativo a proyectos o tareas, de manera que permite a las organizaciones clasificar alternativas potenciales basándose en criterios predefinidos (Piedrahita, 2022). Su propósito principal es priorizar opciones para la asignación de recursos, la toma de decisiones y la valoración de acuerdo con criterios. Los principios que rigen un modelo de puntuación eficaz incluyen la simplicidad, la capacidad de personalización y la producción de resultados fáciles de comprender que reflejen los valores de la organización (Soto et al., 2023).

La aplicación de métodos de puntuación o ponderación, conocidos en inglés como *scoring*, constituye un enfoque ampliamente aceptado en la evaluación racional y sistemática de alternativas en contextos de toma de decisiones multicriterio. Estos métodos se fundamentan en la asignación de valores numéricos a diversas opciones o soluciones, basados en el grado de cumplimiento de criterios previamente definidos y ponderados según su relevancia relativa en el problema de decisión. Su rigor científico radica en la estructura formal y la capacidad para integrar la subjetividad de expertos mediante reglas explícitas, favoreciendo la transparencia, la trazabilidad y la reproducibilidad de los resultados.

Los métodos de *scoring* se originan en la familia de técnicas de análisis de decisión multicriterio o *multi-criteria decision analysis* (MCDA), en los cuales se encuentran TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), AHP (Analytic Hierarchy Process) y, recientemente, métodos como CRITIC y MABAC, cada uno con particularidades respecto al proceso de normalización, ponderación y agregación de los criterios (Chakraborty, 2023). El procedimiento estándar contempla la construcción de una matriz de decisión; la normalización de los valores, lo cual permite comparar entre medidas de unidades diferentes; la asignación de pesos a cada criterio, que puede ser por juicio de expertos, técnicas estadísticas o análisis de correlaciones, y la suma ponderada, que permite ordenar las alternativas desde un enfoque cuantitativo (Keenan, 2024).

Este enfoque responde a la necesidad de manejo objetivo en contextos donde las decisiones son complejas y multidimensionales. La asignación de puntuaciones a través de escalas, rangos o funciones de utilidad permite capturar, por una parte, criterios cuantitativos, entre los que pueden estar el presupuesto, el cronograma, el desempeño técnico, entre otros, o, por otra, también criterios cualitativos, como aceptabilidad social, riesgo, impacto ambiental, etc., de tal manera que se convierten las percepciones subjetivas en información operativa y jerarquizable (Chakraborty, 2023). En estudios recientes, la utilización combinada de métodos de ponderación objetiva como CRITIC¹ ha demostrado mejorar la robustez, la sensibilidad y la aceptación institucional de los resultados, especialmente en políticas públicas y selección de tecnologías emergentes (Maral, 2024).

El modelo de puntuación tiene sus orígenes en la necesidad de racionalizar y estandarizar la toma de decisiones en entornos de riesgo e incertidumbre, por lo cual ha emergido históricamente en el sector financiero para la evaluación crediticia. Antes de la adopción de estos modelos, las decisiones de préstamo dependían en gran medida de la intuición del prestamista y del conocimiento personal del historial del solicitante, un proceso propenso a inconsistencias y sesgos (Espin-García & Rodríguez-Caballero, 2013).

El punto de inflexión se dio en la década de 1950 con la fundación de Fair, Isaac and Company (FICO), que desarrolló los primeros sistemas estadísticos de *credit scoring* utilizando datos históricos para evaluar la probabilidad de que un prestatario cumpliera con el pago, lo cual permitió a las instituciones financieras estandarizar la evaluación de riesgos y reducir por tanto la subjetividad como el costo operativo del proceso. La clasificación de la población objetivo en dos o más grupos, basada en diversas técnicas estadísticas, es la función principal de estos modelos.

Los modelos de puntuación se fundamentan en principios estadísticos y económicos, en los cuales se aplica una matriz de evaluación que asigna un valor predictivo a diferentes variables. En la gestión contemporánea, el uso de modelos de puntuación se ha expandido mucho más allá del crédito, aplicándose a la priorización de proyectos (Siekelova et al., 2021), a la selección de portafolios e incluso a la evaluación del IS, que es el tema que se desarrolla en este capítulo. En este contexto, el modelo se convierte en una matriz ponderada donde los factores de riesgo o desempeño se evalúan de manera sistemática, asegurando que los proyectos que mejor se alinean con los objetivos estratégicos de la organización o de otros agentes de evaluación —como los de Minciencias— reciban la máxima prioridad.

¹ Este método incorpora varianza y correlación entre criterios y métodos subjetivos como el analítico jerárquico AHP, basado en comparaciones emparejadas por expertos, el cual se desarrolla en el siguiente apartado.

A medida que avanza la tecnología, los modelos continúan evolucionando. Los nuevos sistemas de puntuación integran fuentes de datos alternativas, y en el sector de la evaluación han surgido “puntuaciones de confianza” (*confidence scores*) que buscan cuantificar la precisión de la valoración proporcionada. La clave del éxito de cualquier modelo de puntuación radica en que los usuarios comprendan a fondo sus fortalezas y limitaciones, su construcción y su alineación con las políticas organizacionales, para evitar riesgos asociados a la falta de conocimiento (FDIC, 2007).

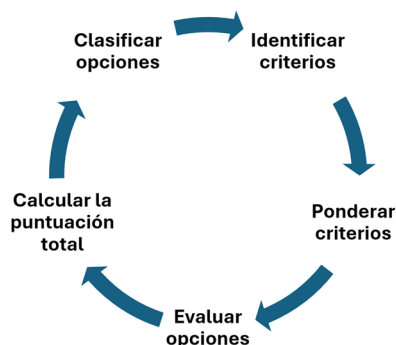
La literatura científica ha resaltado, asimismo, los retos inherentes al proceso, tales como la adecuada justificación de los pesos asignados, el tratamiento de inconsistencias en la opinión de los expertos, y la necesidad de análisis de sensibilidad posterior para evaluar la estabilidad de las soluciones frente a cambios en la ponderación (Keenan, 2024), que requieren aplicación de buenas prácticas, como el desarrollo de talleres participativos, la utilización de métodos Delphi y la presentación de los resultados en reportes transparentes.

En síntesis, los métodos de puntuación o *scoring* aportan rigor, sistematicidad y claridad a la evaluación de alternativas en múltiples disciplinas. Su fundamento teórico reposa en la integración matemática de criterios múltiples, sustentada por un proceso deliberativo y transparente, y avalada por una amplia literatura académica en acceso abierto que fortalece su legitimidad y difusión en la toma de decisiones basada en evidencia

Pasos en el proceso de evaluación por puntos

La metodología para desarrollar un modelo de puntuación ponderado sigue una serie de pasos (figura 1).

Figura 1. Ciclo de modelo de puntuación.



Fuente: Elaboración propia.

- *Identificar criterios:* se definen los criterios relevantes para la evaluación, los cuales deben reflejar los objetivos y prioridades del proceso de toma de decisiones. En este caso particular, se tendrán en cuenta las variables que emergen de las dimensiones, indicadores y criterios de medición de impacto social y ASC en proyectos de investigación sobre seguridad y defensa (tabla 8). Para facilitar la comparación, se recomienda limitar el número de criterios, idealmente a no más de cinco, de tal forma que permitan abordar las cuatro dimensiones de valoración. Es necesario considerar que no se deben definir los criterios con los criterios de medición establecidos.
- *Ponderar criterios:* se asignan pesos numéricos porcentuales a cada criterio en función de su importancia relativa. Este paso asegura que los factores más críticos ejerzan una mayor influencia en la puntuación general del proyecto. Esta asignación de pesos es la característica distintiva de un modelo de puntuación ponderado.
- *Evaluar opciones:* se asigna una puntuación a cada opción para cada criterio, utilizando una escala consistente (por ejemplo, de 1 a 10) aunque se recomienda una escala de valoración de 1 a 5.
- *Calcular la puntuación total:* se multiplica la puntuación de cada opción por el peso de su criterio correspondiente y se suman estas puntuaciones ponderadas para obtener una puntuación total para cada opción.
- *Clasificar opciones:* finalmente, se priorizan las opciones en función de sus puntuaciones totales; la puntuación más alta indica la máxima prioridad.

Los modelos de puntuación ofrecen ventajas significativas en la priorización de proyectos y la asignación de recursos, toda vez que proporcionan un enfoque sistemático que reduce los sesgos y la subjetividad en la toma de decisiones, lo cual promueve la objetividad (Cohen & Franco, 1992). Así mismo, facilitan la toma de decisiones basada en datos y la identificación eficiente de las principales prioridades, lo que ahorra tiempo y recursos, especialmente cuando se manejan numerosas alternativas. Los modelos ponderados permiten evaluaciones más matizadas al enfatizar necesidades específicas y la alineación estratégica. Además, mejoran la transparencia y la comprensión de las decisiones de priorización por parte de los interesados (Talero-Sarmiento et al., 2024).

Sin embargo, los modelos de puntuación también presentan limitaciones, toda vez que la asignación de valores específicos a las puntuaciones puede seguir siendo

subjetiva, incluso con criterios claros. De igual forma, el formato de matriz puede simplificar excesivamente decisiones complejas al reducirlas a puntuaciones numéricas.

Esta dificultad de la “puntuación subjetiva” y el riesgo de “simplificar en exceso decisiones complejas” al reducirlas a valores numéricos crea un dilema fundamental: la búsqueda de un resultado fácilmente digerible (simplicidad) frente a la necesidad de capturar la complejidad y los matices de una decisión. Para Minciencias, esto significa que, aunque un modelo de puntuación proporciona una clasificación clara, el proceso de definición de criterios y asignación de puntuaciones debe gestionarse cuidadosamente para evitar la superficialidad. Se debe lograr un equilibrio para asegurar que el modelo sea práctico y lo suficientemente robusto como para reflejar la naturaleza multifacética del impacto social.

Esto sugiere la necesidad de un método más sofisticado para la ponderación de los criterios, especialmente cuando se combinan con AHP, para proporcionar a los evaluadores un marco claro y defendible. La aplicación no solo debe generar puntuaciones, sino también fomentar la confianza y la coherencia entre el equipo de formulación del proyecto, haciendo que el proceso sea transparente y sistemático, y así trascender la “percepción de subjetividad” o la evaluación superficial. A continuación, la tabla 1 presenta las categorías que se suelen usar para valorar y estructurar iniciativas.

Tabla 1. *Categorías de criterios de valoración que comúnmente se usan para valorar y estructurar iniciativas.*

Categoría de criterio	Descripción/propósito	Posibles criterios específicos
Valor financiero	Captura los beneficios económicos del proyecto.	Retorno de la inversión (ROI), reducción de costos y potencial de ingresos.
Alineación estratégica	Mide la coherencia del proyecto con los objetivos y la misión de la organización.	Contribución a objetivos nacionales en seguridad y defensa, coherencia con planes de desarrollo y fortalecimiento de la competitividad.
Riesgo	Evalúa la probabilidad de amenazas y la tolerancia organizacional a la incertidumbre.	Nivel de riesgo técnico, riesgos no técnicos (legales, sociales, políticos) y riesgo de no desarrollo del proyecto.
Tiempo	Considera la duración y el impacto en los plazos.	Duración del proyecto y urgencia de implementación.
Impacto en los interesados	Evalúa cómo el proyecto afecta a las partes interesadas clave.	Compromiso de los interesados, satisfacción de la comunidad y participación ciudadana.
Disponibilidad de recursos	Considera la viabilidad en términos de recursos humanos y materiales.	Disponibilidad de personal calificado, necesidad de infraestructura y presupuesto requerido.

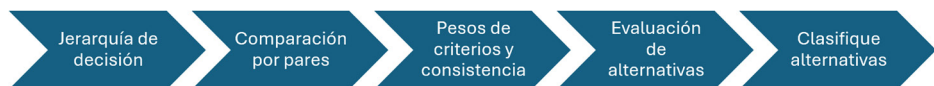
Categoría de criterio	Descripción/propósito	Posibles criterios específicos
Impacto social ²	Mide los beneficios y cambios positivos en la sociedad.	Mejora de indicadores sociales, fortalecimiento de estructuras comunitarias y apropiación social del conocimiento (<i>Revista de Estudios Económicos y Empresariales</i> , 2021).
Impacto ambiental ³	Evalúa la contribución a la sostenibilidad y la conservación.	Uso de prácticas ecoamigables, reducción de la huella ambiental y gestión de recursos naturales.
Capacidad técnica/conocimiento	Evalúa el conocimiento técnico necesario para ejecutar el proyecto.	Conocimiento técnico disponible y necesidad de formación de talento humano.

Fuente: Elaboración propia.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para el análisis del impacto social

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas Saaty en la década de 1970, es una técnica de análisis de decisiones multicriterio (MCDA) diseñada para ayudar a los tomadores de decisiones a encontrar la mejor opción para problemas complejos (Belton & Stewart, 2002). Este método descompone las decisiones en una estructura jerárquica que incluye un objetivo general, criterios y alternativas. Una característica distintiva del AHP es su capacidad para convertir juicios subjetivos y elementos intangibles en valores numéricos mediante comparaciones por pares, que se fundamenta en principios de descomposición, medición de preferencias y síntesis (Osorio & Orejuela, 2007). La implementación detallada del AHP comprende los pasos que describe la figura 2.

Figura 2. Proceso AHP



Fuente. Elaboración propia.

² Si la matriz se aplica solo para la valoración del impacto social, se sugiere usar los criterios definidos en la tabla 8.

³ Si la matriz se aplica solo para la valoración del impacto ambiental, se sugiere usar las categorías establecidas en la metodología PRISM del GPM®.

El AHP se basa en un conjunto de axiomas que permiten la representación de la preferencia humana de manera cuantitativa (Siekelova et al., 2021). La metodología aborda la complejidad de la toma de decisiones al descomponer un problema en una estructura jerárquica, donde el objetivo principal se sitúa en el nivel superior, seguido por los criterios de evaluación y, finalmente, las alternativas que se van a comparar. Esta descomposición no solo es para brindar un orden, sino que también es fundamental para el proceso de cálculo, ya que permite al equipo de evaluación centrarse en la importancia relativa de elementos dentro de un mismo nivel, mitigando la potencial dificultad cognitiva de comparar muchos factores a la vez (Arquero et al., 2009). El concepto de la jerarquía es intrínseco al método: una jerarquía de tres niveles incluiría el objetivo (Nivel 1), los criterios (Nivel 2) y las alternativas (Nivel 3), aunque problemas más complejos pueden requerir subcriterios. En este último escenario se crearía una estructura de mayor complejidad, toda vez que la estructura garantiza que los juicios de valor se midan con respecto a su contribución al objetivo general del sistema.

El núcleo matemático del AHP radica en el uso de la comparación por pares para cuantificar juicios cualitativos. Saaty introdujo una escala de razón de nueve puntos, que va desde 1 (igual importancia) hasta 9 (importancia extrema), para medir la intensidad con la que un elemento es más relevante o importante que otro con respecto a un criterio determinado. Este proceso genera una matriz de comparaciones, donde el valor de preferencia de la matriz debe ser el recíproco del valor opuesto para asegurar la coherencia inicial. El AHP transforma estas comparaciones en un conjunto de pesos o vectores de prioridad, utilizando el método del vector propio. Estos pesos representan la importancia relativa derivada de los juicios de los expertos o conceptos del comité de evaluación, lo cual permite convertir la información subjetiva en valores numéricos concretos que pueden ser agregados y analizados de forma sistemática para la priorización y la toma de decisiones.

Un elemento vital del AHP, que provee una ventaja frente a un método de ponderación *scoring* y a su vez le confiere robustez frente a otros métodos de ponderación subjetiva, es la capacidad de medir la consistencia de los juicios de los expertos o evaluadores. Durante las comparaciones por pares, si los juicios son perfectamente racionales, se espera la transitividad, es decir que si la opción A es preferida a B, y B es preferido a C, por racionalidad matemática entonces A debe ser preferido a C con la intensidad esperada.

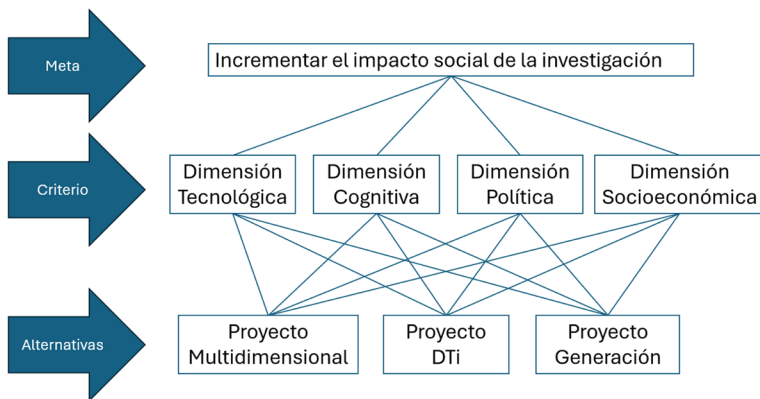
El AHP calcula un Índice de Consistencia y un Ratio de Consistencia, el cual se compara con un valor de Índice Aleatorio preestablecido, donde si este ratio

excede un umbral de criticidad —comúnmente 0.10—, se requiere que el grupo de expertos que realizaron la evaluación reevalúe y ajusté sus juicios para mejorar la coherencia lógica de las preferencias. Esta característica es invaluable para Minciencias, ya que permite validar el consenso entre las partes interesadas sobre la ponderación de los criterios de IS, un área inherentemente subjetiva. Al asegurar la coherencia, el AHP proporciona una base más sólida y defendible para asignar los pesos que luego se utilizarán en el modelo de puntuación híbrida.

Definición de criterios iniciales del AHP

El primer paso consiste en organizar el problema de decisión en una estructura jerárquica con al menos tres niveles: el objetivo general que se persigue, los criterios (y potencialmente subcriterios) en los que se basa la decisión, y las alternativas que se están considerando. El objetivo se sitúa en el nivel superior, los criterios en el nivel intermedio y el conjunto de opciones en el nivel más bajo (figura 3).

Figura 3. Estructura jerárquica de decisión.



Fuente: Elaboración propia.

Si bien es cierto que se puede tomar una meta u objetivo que se desee alcanzar a través de las decisiones que se toman, otros ejemplos típicos que se pueden considerar son:

- Aumentar la visualización de los productos resultados de investigación.
- Elevar el índice de citación de las publicaciones.
- Incrementar el número de participantes en los procesos de divulgación de la ciencia.

Proceso para la aplicación de un método AHP

1. Realizar comparaciones por pares y preferencias

En esta fase, se evalúa la importancia relativa de los criterios (y subcriterios), y posteriormente de las alternativas frente a cada criterio, comparándolos de dos en dos. Para ello, se utiliza la escala de razón de nueve puntos de Saaty, que va desde "igualmente importante/preferido" o "igual preferencia" (1) hasta "extremadamente importante/preferido" o "preferencia extrema" (9), con recíprocos para preferencias inversas, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Criterio de calificación por pares

Escala	Definición	Explicación
1	Igual preferencia	Ambos criterios aportan de manera equivalente al cumplimiento del objetivo.
3	Preferencia moderada	La experiencia y el criterio experto favorecen levemente a un criterio sobre el otro.
5	Preferencia fuerte	La experiencia y el criterio experto favorecen de manera significativa a un criterio sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte	Un criterio es favorecido de manera muy significativa sobre el otro. En la aplicación práctica se puede evidenciar su predominio.
9	Preferencia extrema	La evidencia favorece en el más alto grado a un factor sobre el otro.

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario señalar que la pregunta clave que se debe responder en términos de comparación será: ¿Qué tan importante es el criterio A respecto al criterio B? Ejemplo: ¿Qué tan importante es la dimensión cognitiva respecto a la dimensión socioeconómica? Sin embargo; si se piensa que un criterio es *menos* importante que otro, se podrán utilizar los recíprocos de la escala de nueve puntos, es decir, proporciones de 1 ("igualmente menos importante") a 1/9 ("extremadamente menos preferido").

2. Calcular pesos de criterios y ratios de consistencia

Los pesos numéricos son asignados a cada criterio e indican el nivel de priorización de los criterios que se derivan de las matrices de comparación por pares. Esto implica cálculos, típicamente utilizando métodos de autovalores y potencias. El AHP también incorpora un mecanismo para verificar la consistencia de los juicios, lo cual es crucial para la fiabilidad de los resultados (tablas 3 y 4).

Tabla 3. Matriz de comparación de criterios genérica

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	...	Criterio n
Criterio 1					
Criterio 2					
Criterio 3					
...					
Criterio n					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Ejemplo de matriz de comparación de criterios de valoración de impacto social.

	Dimensión tecnológica	Dimensión cognitiva	Dimensión política	Dimensión socioeconómica
Dimensión tecnológica	1	2	5	3
Dimensión cognitiva	1/2	1	5	3
Dimensión política	1/5	1/5	1	1/7
Dimensión socioeconómica	1/3	1/3	7	1

Fuente: Elaboración propia.

Nótese que se realizó la asignación de la calificación conforme a la tabla del punto 2, preguntando: ¿qué tan importante es el criterio de la fila vs el criterio de la columna? Ejemplo: la primera comparación es: ¿qué tan importante es la dimensión tecnológica del proyecto respecto a la dimensión cognitiva? Si fueran igualmente preferidas, se asignaría un (1) uno; sin embargo, al ser moderadamente preferido, se asigna 2. Del mismo modo, al preguntarnos ¿qué tan importante es la dimensión tecnológica del proyecto respecto a la dimensión política?, la respuesta es "fuertemente preferido", por ello se asigna un 5.

En otros casos se usaron recíprocos. Por ejemplo, al revisar el criterio 3 y preguntarnos ¿qué tan importante es la dimensión política del proyecto respecto a la cognitiva? La respuesta es "fuertemente MENOS preferido", por ello se califica con 1/5, "detalle que es el recíproco de ¿qué tan importante es la dimensión cognitiva del proyecto respecto a la política?, que se había calificado con 5". Al igual que al responder la pregunta ¿qué tan importante es la dimensión política del proyecto

respecto a la socioeconómica?, donde la respuesta es *mucho menos* preferido, por lo cual se asigna $1/7$, que es el recíproco de la valoración de la afirmación ¿qué tan importante es la dimensión socioeconómica del proyecto respecto a la política?, que se calificó con 7 (tabla 5).

Tabla 5. Ejemplo de matriz de comparación de criterios de valoración de impacto social – Explicación de recíprocos.

	Dimensión tecnológica	Dimensión cognitiva	Dimensión política	Dimensión socioeconómica
Dimensión tecnológica	1	2	5	3
Dimensión cognitiva	1/2	1	5	3
Dimensión política	1/5	1/5	1	1/7
Dimensión socioeconómica	1/3	1/3	7	1

Fuente: Elaboración propia.

3. Evaluar alternativas con respecto a los criterios

Para cada criterio, se realizan comparaciones por pares de las alternativas para determinar sus puntuaciones relativas a dicho criterio. Esto se puede desarrollar con base en un método de valores propios y potencia que consta de los siguientes pasos —aunque vale la pena señalar que existen otros métodos como el de Ishizaka y Lusti (2006)—:

- Eleve al cuadrado la matriz de comparación por pares, con el fin de obtener los productos escalares, suponga la matriz posición que se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Ejemplo de matriz de posición de criterios de valoración

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio n
Criterio 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{1m}
Criterio 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{2m}
Criterio 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{3m}
Criterio 4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	X_{4m}
Criterio n	X_{n1}	X_{n2}	X_{n3}	X_{n4}	X_{nm}

Fuente: Elaboración propia.

Primer producto escalar (Fila 1 * Columna 1):

$$(X_{11} * X_{11}) + (X_{12} * X_{21}) + (X_{13} * X_{31}) + (X_{14} * X_{41})$$

$$(1 * 1) + (2 * \frac{1}{2}) + (5 * \frac{1}{5}) + (3 * \frac{1}{3}) = 4$$

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica
D. Tecnológica	1	2	5	3
D. Cognitiva	$\frac{1}{2}$	1	5	3
D. Política	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{7}$
D. Socioeconómica	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	7	1

Segundo producto escalar (Fila 1*Columna 2):

$$(X_{11} * X_{12}) + (X_{12} * X_{22}) + (X_{13} * X_{32}) + (X_{14} * X_{42})$$

$$(1 * 2) + (2 * 1) + (5 * \frac{1}{5}) + (3 * \frac{1}{3}) = 6$$

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica
D. Tecnológica	1	2	5	3
D. Cognitiva	$\frac{1}{2}$	1	5	3
D. Política	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{7}$
D. Socioeconómica	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	7	1

Tercer producto escalar (Fila 1*Columna 3):

$$(X_{11} * X_{13}) + (X_{12} * X_{23}) + (X_{13} * X_{33}) + (X_{14} * X_{43})$$

$$(1 * 5) + (2 * 5) + (5 * 1) + (3 * 7) = 41$$

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica
D. Tecnológica	1	2	5	3
D. Cognitiva	$\frac{1}{2}$	1	5	3
D. Política	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{7}$
D. Socioeconómica	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	7	1

De manera análoga, se calculan todos los productos escalares (Fila 1*Columna 4, Fila 2* Columna1, Fila 2*Columna 2..... Fila 4* Columna 4) de la siguiente manera:

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica
D. Tecnológica	4,00	6,00	41,00	12,71
D. Cognitiva	3,00	4,00	33,50	8,21
D. Política	0,55	0,85	4,00	1,49
D. Socioeconómica	2,23	2,73	17,33	4,00

- Ahora sume los resultados en cada una de las filas y agregue una columna que llamaremos totales y sume el total de los subtotaes calculados (tabla 7).

Tabla 7. Ejemplo de matriz de posición de criterios de valoración

Panel A.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio n	Subtotal
Criterio 1	PE ₁₁	PE ₁₂	PE ₁₃	PE _{1n}	ΣPE_1
Criterio 2	PE ₂₁	PE ₂₂	PE ₂₃	PE _{2n}	ΣPE_2
Criterio 3	PE ₃₁	PE ₃₂	PE ₃₃	PE _{3n}	ΣPE_3
Criterio 4	PE ₄₁	PE ₄₂	PE ₄₃	PE _{4n}	ΣPE_4
Criterio n	PE _{4n}	PE _{4n}	PE _{4n}	PE _{4n}	ΣPE_{nm}

* PE= Producto Escalar calculado conforme al paso anterior.

Panel B.

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica	Subtotal
D. Tecnológica	4,00	6,00	41,00	12,71	63,714
D. Cognitiva	3,00	4,00	33,50	8,21	48,714
D. Política	0,55	0,85	4,00	1,49	6,881
D. Socioeconómica	2,23	2,73	17,33	4,00	26,300
Total de subtotaes					145,609

Fuente: Elaboración propia.

- Para estimar el paso relativo de cada factor, divida el subtotal entre el total de subtotaes (tabla 8).

Tabla 8. Ejemplo de matriz de posición de criterios de valoración

Panel A.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio n	Subtotal	Peso
Criterio 1	PE ₁₁	PE ₁₂	PE _{1n}	ΣPE_1	$\Sigma PE_1 / \text{Total}$
Criterio 2	PE ₂₁	PE ₂₂	PE _{2n}	ΣPE_2	$\Sigma PE_2 / \text{Total}$
Criterio 3	PE ₃₁	PE ₃₂	PE _{3n}	ΣPE_3	$\Sigma PE_3 / \text{Total}$
Criterio 4	PE ₄₁	PE ₄₂	PE _{4n}	ΣPE_4	$\Sigma PE_4 / \text{Total}$
Criterio n	PE _{4n}	PE _{4n}	PE _{4n}	ΣPE_{nm}	$\Sigma PE_{nm} / \text{Total}$

* PE= Producto Escalar calculado conforme al paso anterior.

Panel B.

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica	Subtotal	Peso
D. Tecnológica	4,00	6,00	41,00	12,71	63,714	0,438
D. Cognitiva	3,00	4,00	33,50	8,21	48,714	0,335
D. Política	0,55	0,85	4,00	1,49	6,881	0,047
D. Socioeconómica	2,23	2,73	17,33	4,00	26,300	0,181

Nota: Los pesos obtenidos pueden expresarse en decimales o como un porcentaje. Valide que la suma de los pesos obtenidos es 1 o 100 %.

Fuente: Elaboración propia.

Si bien es cierto que con estos pasos es posible encontrar una asignación de pesos relativos a cada criterio, se debe realizar una iteración que permita disminuir las desviaciones que se presentan en la comparación con pares. Para eliminar este posible sesgo se realiza una normalización o ajuste de cuadrados, lo cual implica que la matriz resultante anterior se eleve cada resultado al cuadrado y repetir el cálculo de los productos escalares, el cálculo de subtotales y la obtención de los pesos (figura 9).

Tabla 9. Ejemplo de matriz de posición de criterios de valoración

Panel A.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio n	Subtotal	Peso
Criterio 1	$(PE_{11})^2$	$(PE_{12})^2$	$(PE_{1n})^2$	$\Sigma(PE_1)^2$	$\Sigma(PE_1)^2/\text{Total}$
Criterio 2	$(PE_{21})^2$	$(PE_{22})^2$	$(PE_{2n})^2$	$\Sigma(PE_2)^2$	$\Sigma(PE_2)^2/\text{Total}$
Criterio 3	$(PE_{31})^2$	$(PE_{32})^2$	$(PE_{3n})^2$	$\Sigma(PE_3)^2$	$\Sigma(PE_3)^2/\text{Total}$
Criterio 4	$(PE_{41})^2$	$(PE_{42})^2$	$(PE_{4n})^2$	$\Sigma(PE_4)^2$	$\Sigma(PE_4)^2/\text{Total}$
Criterio n	$(PE_{4n})^2$	$(PE_{4n})^2$	$(PE_{4n})^2$	$\Sigma(PE_{nm})^2$	$\Sigma(PE_{nm})^2/\text{Total}$

* PE= Producto Escalar calculado conforme al paso anterior.

Panel B.

	D. Tecnológica	D. Cognitiva	D. Política	D. Socioeconómica	Subtotal	Peso
D. Tecnológica	1890,40	3567,44	142760,54	11312,51	159530,88	58,7%
D. Cognitiva	961,09	1890,39	71313,21	6091,25	80255,94	29,5%
D. Política	27,07	50,28	2229,58	167,59	2474,52	0,9%
D. Socioeconómica	316,95	634,49	26383,04	2229,58	29564,05	10,9%

Fuente: Elaboración propia.

4. Sintetice los resultados para la clasificación

El paso final consiste en combinar los pesos de los criterios con las puntuaciones en cada criterio para obtener una puntuación global para cada investigación, de tal manera que refleje su impacto social total. Este proceso es, en esencia, un modelo de suma ponderada, lo que se conoce como *scoring*.

Tabla 10. Ejemplo de matriz de peso de dimensiones resultante.

Dimensiones de evaluación	Peso
Tecnológica	58,7 %
Cognitiva	29,5 %
Política	0,9 %
Socioeconómica	10,9 %

Fuente: Elaboración propia.

Con estos resultados ya se podrá realizar una evaluación típica mediante un *scoring* o una matriz de ponderación, la cual se abordará más adelante. Entre los beneficios que tiene el método de AHP se destaca la capacidad para gestionar la subjetividad y los intangibles a través de un método sistemático que tienen en cuenta el juicio mediante un parámetro de objetividad cuantitativo. En otras palabras, proporciona un marco sistemático y lógico para estructurar problemas de decisión complejos, toda vez que cuantifica la importancia relativa de los criterios y las alternativas (Siekelova et al., 2021).

Aunque este método fomenta la discusión entre los tomadores de decisión al considerar diferentes puntos de vista y, por lo tanto, genera una sinergia de comprensión de la realidad y el problema de decisión, es importante señalar que también puede crear complicaciones debido a la lentitud del proceso y la dificultad en la comprensión cuando se consideran demasiados criterios y opciones, producto de las múltiples comparaciones por pares requerida.

Por otro lado, como elementos de criticidad del método se encuentra la "inversión de rango" presentada cuando después de una primera valoración se introducen nuevas opciones o alternativas. Esto puede llevar a que se rompa el axioma de "independencia de alternativas irrelevantes", es decir, que ante una posible alternativa que no presente un peso significativo frente a la toma de decisiones, esta se comportará completamente independiente de las otras alternativas.

Otro aspecto que se debe considerar es la definición de una escala de 1 a 9, de acuerdo con la escala Saaty (tabla 2), que carece de una base teórica sólida, y la definición de la preferencia por parte del tomador de decisiones en esta escala, pues puede no ser tan clara si existe desconocimiento del método por parte del decisor.

Aplicación de una calificación ponderada *scoring* para la valoración del impacto social

El modelo de puntuación ponderada o *scoring* es una técnica de análisis de decisión multicriterio que tiene como propósito la agregación estructurada de la información. Entre sus beneficios se encuentra la facilidad operacional, toda vez que toma los pesos de los criterios que fueron determinados previamente, en algunos casos de forma rigurosa mediante el AHP —como se expuso en el apartado anterior— y los multiplica por la calificación del desempeño real de la alternativa en cada uno de esos criterios (Siekelova et al., 2021). El resultado es una puntuación final única que permite clasificar y priorizar las opciones bajo un principio de transparencia. El valor fundamental de este enfoque para Minciencias reside en su capacidad para convertir un constructo complejo, como el impacto social, en un indicador cuantitativo, comprensible y accionable para la toma de decisiones estratégicas de financiación (Piedrahita, 2022).

La solidez del método de ponderación o *scoring* depende directamente de la claridad con la que se definen la escala de calificación y los indicadores de desempeño asociados a cada criterio. Para que la escala sea consistente se recomienda que sea una tipo Likert⁴ y que los descriptores sobre cada uno de los puntajes a asignar sean objetivos, de tal manera que se reduzca la subjetividad del evaluador (Soto et al., 2023). En el contexto de evaluación de impacto de la investigación, este método asegura que los proyectos que mejor se alinean con los objetivos de alto nivel, como la apropiación social del conocimiento, reciban una puntuación proporcional a la importancia que se otorga, con lo cual se cierra la brecha entre los intereses particulares de los evaluadores y la potencial medición práctica de los resultados sociales.

Procedimiento para calificar factores *scoring*

En este apartado se describe el procedimiento para aplicar un modelo de puntuación ponderada.

Matriz de evaluación de factores

Se construye la matriz de evaluación, la cual se compone de los criterios o dimensiones sobre las cuales se mide el impacto y sus pesos relativos, que se pueden derivar del AHP (véase el apartado anterior) en las filas, así como las alternativas

⁴ Escala de calificación utilizada para medir opiniones, actitudes y comportamientos frente a afirmaciones, a las cuales se responde seleccionando un nivel de acuerdo o intensidad en un rango de opciones que puede definirse como “totalmente en desacuerdo” a “totalmente de acuerdo” o en escala numérica.

de enfoque del proyecto de investigación en las columnas. Específicamente, se utiliza la tabla 11 como referencia para los pesos obtenidos del AHP. Vale la pena señalar que podría usarse un método de asignación de pesos relativa, de forma discrecional o por conveniencia, asumiendo el riesgo que puede existir ante el sesgo o la preferencia del equipo de evaluación.

Tabla 11. Matriz de evaluación de factores

Dimensiones de evaluación	Peso (Pi) AHP	Peso (Pi) Discrecional
Tecnológica	58,7 %	20 %
Cognitiva	29,5 %	35 %
Política	0,9 %	15 %
Socioeconómica	10,9 %	30 %
Total	100 %	100 %

Fuente: Elaboración propia.

Asignación de escala de valoración en los factores

El equipo de evaluación asigna una calificación a cada configuración o alternativa de proyecto (j) con respecto a cada criterio (i) utilizando una escala unificada; se sugiere de 1 a 5. Esta calificación debe estar sustentada y divulgada para evitar tergiversaciones o apreciaciones erradas, con el fin de evitar sesgos. Es crucial que la descripción de cada puntaje en la escala se construya con descriptores que pueden ser globales; es decir, para todos los factores emplear la misma escala u optar por la definición de cada descriptor por factor de evaluación. Además, procure que esta descripción sea clara y consistente.

- 1: Mínimo, Impacto nulo o incipiente; evidencia de cumplimiento bajo.
- 2: Bajo, Cumplimiento aceptable, impacto limitado y que requiere una segunda etapa para su materialización.
- 3: Moderado, Cumplimiento de los criterios con impacto limitado y que requiere una segunda etapa para su materialización.
- 4: Alto, Impacto dentro del factor que muestra evidencia en el cumplimiento del objetivo en la dimensión a nivel institucional.
- 5: Sobresaliente, Impacto comprobado con evidencia sólida del cumplimiento del objetivo en la dimensión tanto institucional como en las Fuerzas Militares.

Es factible tomar un conjunto de descriptores para cada uno de los criterios que se van a evaluar conforme al conjunto de dimensiones. Para esto se requiere

elaborar una rúbrica más robusta que les permita a los evaluadores tener un punto de referencia en la calificación de cada factor. En este caso, el descriptor 1-1 hace referencia a calificar con 1 la dimensión tecnológica y el 5-1 significa asignar la calificación 5 en esta dimensión, mientras que el descriptor 4-3 puntúa con 4 el criterio 3 (tabla 12).

Tabla 12. Matriz de descriptores o rúbrica de factores

Dimensiones evaluación	1	2	3	4	5
Tecnológica	Descriptor 1-1	Descriptor 2-1	Descriptor 3-1	Descriptor 4-1	Descriptor 5-1
Cognitiva	Descriptor 1-2	Descriptor 2-2	Descriptor 3-2	Descriptor 4-2	Descriptor 5-2
Política	Descriptor 1-3	Descriptor 2-3	Descriptor 3-3	Descriptor 4-3	Descriptor 5-3
Socioeconómica	Descriptor 1-4	Descriptor 2-4	Descriptor 3-4	Descriptor 4-4	Descriptor 5-4

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la puntuación ponderada

Para cada alternativa o configuración de proyecto, se calcula la puntuación ponderada multiplicando la calificación del desempeño (C_{ij}) por el peso relativo (P_i) de su criterio correspondiente (ecuación 1).

$$Puntuación\ ponderada_{ij} = C_{ij} \times P_i \quad (\text{ecuación 1})$$

La puntuación total de impacto social para cada proyecto (j) (tabla 13) se obtiene sumando las puntuaciones ponderadas de todos los criterios (ecuación 2).

$$Puntuación\ Total_j = \sum_{i=1} Puntuación\ ponderada_{ij} \quad (\text{ecuación 2})$$

Tabla 13. Cálculo de la puntuación ponderada

Dimensiones evaluadas	Peso (P_i) AHP	1	2	3	4	5	Puntuación ponderada (ij)
Tecnológica	58,7 %			X			$3 \times 58,7 \% = 1,761$
Cognitiva	29,5 %					X	$5 \times 29,5 \% = 1,475$
Política	0,9 %				X		$4 \times 0,9 \% = 0,36$
Socioeconómica	10,9 %			X			$3 \times 10,9 \% = 0,327$
Total	100 %				Puntuación Total		$\Sigma = 3,599$

Fuente: Elaboración propia.

Integración de modelos de puntuación y AHP

Tanto los modelos de puntuación como el AHP son métodos cuantitativos orientados al análisis de decisiones multicriterio que pueden complementarse. Mientras que los modelos de puntuación ofrecen una agregación directa y comprensible (Espin-García & Rodríguez-Caballero, 2013), el AHP proporciona un método riguroso para derivar ponderaciones, especialmente para criterios subjetivos e intangibles. Su combinación permite aprovechar las fortalezas de ambas, la capacidad del AHP para estructurar problemas complejos y cuantificar preferencias subjetivas, y la claridad de la clasificación agregada de un modelo de puntuación, como se observó en el apartado anterior.

La integración más común y efectiva implica el uso del AHP para determinar los pesos de los criterios en un modelo de puntuación ponderado. Esto significa que, en lugar de asignar pesos de manera subjetiva en el modelo de puntuación, los juicios de expertos emitidos por el comité de estructuración del proyecto se procesan sistemáticamente a través del método de comparación por pares del AHP para derivar pesos objetivos y consistentes para cada criterio de impacto social.

Una vez establecidos estos pesos derivados del AHP, el proceso vuelve a un modelo de puntuación ponderado común, cada alternativa de proyecto de investigación se puntúa según cada criterio, y estas puntuaciones se multiplican por sus pesos derivados del AHP y se suman para obtener una puntuación total de impacto social para cada proyecto.

Categorías de análisis en modelos cuantitativos de valoración del IS

A modo de descripción y acercamiento a los proyectos de investigación desarrollados tradicionales, se pueden establecer las siguientes categorías clave de impacto social:

- *Estructuras comunitarias e institucionales*: impacto en la infraestructura física, procedimental o de conocimiento, que incluye acceso a servicios, incremento de la capacidad institucional de los grupos de interés del proyecto.
- *Relaciones cívico-militares*: cambios sociodemográficos, en los modos de vida, la interacción social o prácticas comunitarias.
- *Recursos políticos y sociales*: fortalecimiento de redes sociales y comunitarias, empoderamiento de grupos civiles, conformación de unidades productivas dentro de los territorios.

- *Cambios sociales*: modificación en los indicadores de bienestar económico o social que pueden incluir acceso a la educación, índices de violencia y conflicto, atención comunitaria, fortalecimiento de medidas democráticas en la toma de decisiones en los territorios y empoderamiento social.
- *Recursos comunitarios*: aquellos que pueden relacionarse con la seguridad humana, como la gestión de recursos naturales, el acceso a agua potable y saneamiento, preservación y desarrollo de la sociedad en armonía con el ecosistema.
- *Ambiental*: incorporación de modelos de desarrollo sostenible, conservación del medioambiente y de las especies, en los cuales se relacione la sociedad con el ecosistema.
- *Influencia en políticas y gobernanza*: impacto en las políticas públicas, prácticas institucionales y toma de decisiones (Pfeifer & Helming, 2024).
- *Desarrollo económico*: generación de procesos innovación verificables, desarrollo de unidades productivas para la creación de empleo formal, productividad de las organizaciones, cambio en los índices de competitividad.

Pese a que es posible definir estas categorías, siempre que los evaluadores se enfrentan a la medición de los beneficios sociales intangibles se generan desafíos considerables, toda vez que cuantificar la totalidad de los impactos sociales puede ser dispendioso y técnicamente profundo. Esta atribución es un reto importante porque requiere determinar qué cambios son directamente atribuibles a los resultados del proceso investigativo y no derivados de factores externos.

A esta premisa se le conoce como *análisis contrafactual*⁵, que es ideal pero difícil de implementar y puede producir un desgaste de recursos solo en el proceso evaluativo. El IS es multidimensional y multicausal, razón por la cual requiere una combinación de indicadores cuantitativos y cualitativos que suplan la carencia de metodologías universalmente consolidadas y estandarizadas para medirlo a nivel internacional (Yviricu & Núñez, 2021).

En contraste, una visión tradicional como la establecida en el marco de medición y reconocimiento de grupos de Minciencias asume una progresión lineal, en la cual, primero, el impacto se refleja en la dimensión cognitiva (publicaciones), luego en la transferencia de conocimiento (ASC) y finalmente en el IS. Sin embargo, el IS se puede generar durante el propio proceso de investigación a través de

⁵ Entendido como el proceso comparar un escenario con y sin intervención.

la co-creación y el diálogo con las partes interesadas, como se expuso en los dos primeros capítulos del libro.

En términos de lo establecido por Minciencias, esto significa que la valoración no debe centrarse únicamente en los impactos posteriores a la publicación, sino que también debe capturar y valorar el compromiso social, los procesos participativos y el desarrollo de capacidades que ocurren a lo largo del ciclo de vida de la investigación, especialmente dada la relevancia de la ASC y la divulgación pública de la ciencia (Minciencias, 2021), lo cual requiere un enfoque de evaluación más dinámico y orientado al proceso.

El panorama de las métricas de IS está en constante evolución, lo cual presenta un desafío en tomar elementos de marcos existentes. Además, la aplicación necesita establecer su propia tipología interna consistente para contar con directrices claras para la recopilación y el reporte de datos, de tal manera que se asegure la comparabilidad de las acciones desarrolladas en el proceso investigativo.

Indicadores ilustrativos para la valoración del IS

En este apartado se proporciona una visión estructurada de las diversas dimensiones del IS, en la cual se incluyen ejemplos concretos de indicadores que pueden adaptarse al contexto de Minciencias. De esta manera se contribuye a operacionalizar la valoración del IS en el marco de las investigaciones de una institución de educación superior (tabla 14).

Tabla 14. *Indicadores ilustrativos IS*

Categoría de impacto	Descripción del impacto	Indicadores cuantitativos	Indicadores cualitativos
Apropiación social del conocimiento (ASCTel)	Creación de una cultura que valora el conocimiento para resolver problemas, con participación de la sociedad.	Número de personas sensibilizadas por estrategias de CTel. Proyectos comunitarios fortalecidos. Participación de ciudadanos en actividades de investigación.	Testimonios de cambio de comportamiento o prácticas. Narrativas de co-creación de conocimiento. Percepción de utilidad del conocimiento científico.

Categoría de impacto	Descripción del impacto	Indicadores cuantitativos	Indicadores cualitativos
Desarrollo regional y equidad	Fortalecimiento del desarrollo regional y reducción de las disparidades en comunidades vulnerables.	Reducción de tasas de desempleo en la región.	Historias de empoderamiento comunitario.
		Aumento de acceso a servicios básicos.	Mejora percibida en la calidad de vida local.
		Número de iniciativas locales apoyadas.	Fortalecimiento de redes sociales comunitarias.
Influencia en políticas y gobernanza	Impacto de la investigación en la formulación, implementación o mejora de políticas públicas.	Número de políticas o regulaciones informadas por la investigación.	Entrevistas con formuladores de políticas sobre la utilidad de la investigación.
		Casos de uso de resultados en decisiones públicas.	Análisis de documentos de política.
Resolución de problemas e innovación	Desarrollo y aplicación de soluciones novedosas a problemas sociales, ambientales o económicos específicos.	Número de soluciones innovadoras implementadas.	Estudios de caso de problemas resueltos.
		Reducción de la incidencia de un problema social.	Satisfacción de los beneficiarios con las soluciones.
		Patentes o prototipos con aplicación social.	
Desarrollo de capacidades humanas	Formación de talento humano y fortalecimiento de la comunidad científica para el desarrollo del país.	Número de investigadores formados.	Percepción de mejora en habilidades científicas.
		Creación o fortalecimiento de grupos de investigación.	Integración de jóvenes investigadores.
Bienestar y salud	Mejoras en la salud, el bienestar psicológico y la calidad de vida de la población.	Reducción de tasas de mortalidad.	Percepción de mejora en la salud mental.
		Aumento de acceso a servicios de salud.	Narrativas de resiliencia comunitaria.

Categoría de impacto	Descripción del impacto	Indicadores cuantitativos	Indicadores cualitativos
Impacto económico	Contribuciones a la productividad, competitividad, empleo y desarrollo económico.	Creación de nuevos empleos. Aumento de ingresos en comunidades. Formación o fortalecimiento de nuevas empresas.	Recopilación de casos de éxito empresarial. Percepción de oportunidades económicas.
Sostenibilidad ambiental	Contribución a la conservación del medioambiente y prácticas sostenibles.	Reducción de la contaminación. Aumento de áreas protegidas o restauradas. Adopción de prácticas sostenibles	Narrativas de cambio en prácticas ambientales. Percepción de mejora en la calidad ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

Valoración del IS para Minciencias

El diseño de una aplicación para la valoración del IS de la investigación en Minciencias requiere una estructuración jerárquica cuidadosa que refleje los objetivos estratégicos de la institución y la sociedad (Banco Mundial, 2003). Dentro de esta descripción se comparte un listado de etapas o fases que deben atenderse.

Paso 1: determinación de criterios y pesos (AHP)

- Convocar un panel de partes interesadas/expertos diversos que conforma el equipo de evaluación del proyecto.
- Desarrollar sesiones facilitadas para definir y refinar la jerarquía de criterios y subcriterios de impacto social relevantes.
- Realizar comparaciones por pares de estos criterios/subcriterios utilizando la escala Saaty del AHP para determinar sus pesos relativos.

Paso 2: evaluación de proyectos

- Para cada proyecto de investigación, recopilar datos y evidencia relevantes sobre su desempeño en relación con cada dimensión o subcriterio de impacto social definido. Esto puede implicar datos cuantitativos y evidencia cualitativa

- Asignar una puntuación a cada proyecto para cada subcriterio basándose en la evidencia recopilada y una escala de puntuación predefinida en *scoring*.
- Calcular la puntuación ponderada para cada proyecto multiplicando la puntuación del subcriterio por su peso derivado del AHP, y sumar estas puntuaciones para obtener una puntuación total de impacto social para cada proyecto.
- Clasificar las alternativas o configuración de los proyectos en función de sus puntuaciones totales de impacto social.

Conclusiones

La implementación de un modelo híbrido que combina el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el *scoring* ofrece un marco robusto y transparente para la valoración IS de la investigación, superando las limitaciones de los métodos tradicionales centrados en una sola dimensión. Este enfoque no solo atiende a los criterios establecidos por Minciencias de cuantificar y compensar las inversiones realizadas en Ciencia y Tecnología-CTel, sino que también asegura que la priorización de los proyectos refleje la voluntad estratégica de la institución (Pfeifer & Helming, 2024).

La principal fortaleza del modelo evidenciable del método reside en su capacidad para cuantificar lo intangible con rigor. Utilizar el AHP para derivar pesos objetivos a partir de juicios de expertos permite dotar de legitimidad y credibilidad la evaluación, de tal manera que se cierra la brecha de la ponderación, que a menudo afecta a los modelos de puntuación o valoración simples, como señala Talero et al. (2024). Esta objetividad en el peso de las dimensiones garantiza que los proyectos con mayor alineación a los objetivos de apropiación social o desarrollo regional reciban la prioridad estratégica que merecen, optimizando la asignación de recursos.

El modelo híbrido facilita la toma de decisiones estratégicas al proveer una puntuación final única y accionable, lo cual resulta vital en un entorno de gestión con recursos limitados. La puntuación total de impacto social se convierte en un indicador clave para la financiación y el monitoreo, ya que resume de forma transparente el valor societal del proyecto. Esto promueve una cultura de rendición de cuentas basada en evidencia, lo que permite a Minciencias demostrar cómo sus inversiones se traducen en beneficios tangibles para la sociedad colombiana (Yviricu & Núñez, 2021).

En síntesis, la adopción de esta metodología no es solo una mejora técnica, sino un imperativo estratégico que alinea la investigación con los objetivos de desarrollo nacional. El modelo híbrido asegura que los procesos de investigación financiados por las instituciones de educación superior, en el marco de lo establecido por Minciencias, no solo sea destacable en su dimensión cognitiva, sino también efectiva en su impacto social, de manera que fortalezca la legitimidad del sistema de CTel en Colombia y garantice que la inversión se dirija hacia el máximo valor social.

Referencias

- Al, Ne. (2024). *Computational efficiency in large-scale Analytic Hierarchy Process applications*. International Journal of Decision Sciences, 18(2), 45-60.
- Arquero, A., Alvarez, M., & Martinez, E. (2009). Decision Management Making by AHP (Analytical Hierarchy Process) trough GIS data. *Revista IEEE América Latina*.
- Arsalan, M. M. (2025). Mapeo del impacto de la investigación basada en datos en la ciencia: El rol del aprendizaje automático y la inteligencia artificial. *Metrics*. doi:<https://doi.org/10.3390/metrics2020005>
- Banco Mundial. (2003). Guía del usuario para el análisis del impacto social y en la pobreza. *The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank*, Washington, D.C. 20433, USA.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Análisis de decisiones con criterios múltiples: un enfoque integrado*. Springer. doi:10.1007/978-1-4615-1495-4
- Chakraborty, S. (2023). A comprehensive and systematic review of multi-criteria decision-making applications in healthcare. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772442523000990>
- Cohen, E., & Franco, R. (1992). *Evaluación de proyectos sociales*. México: Siglo XXI Editores.
- Espin-García, O., & Rodríguez-Caballero, V. (2013). Metodología para un scoring de clientes sin referencias crediticias. *Cuadernos de economía, vol XXXII*, 139-165.
- FDIC. (2007). Risk Management Examination Manual for Credit Card Activities (Chapter VIII). *Federal Deposit Insurance Corporation*.
- Keenan, P. (2024). A scientometric analysis of multicriteria decision-making literature. *Taylor & Francis*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12460125.2024.2354642>
- Maral, M. (2024). Examining the Research Performance of Universities with MCDM Methods. *SAGE Open*. Obtenido de <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/21582440241300542>
- Marulanda Grisales, N., Herrera Pulgarín, J. J., & Urrego Marín, M. L. (2022). La gestión del conocimiento en emprendimientos sociales: un análisis bibliométrico y cienciométrico de tendencias. *Revista Universidad & Empresa*, 24(43), 1-35. doi:<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.11893>
- Minciencias. (2021). Política Pública de Apropiación Social del Conocimiento en el marco de la CTeI. *MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN*.
- Osorio, J. C., & Orejuela, J. P. (2007). EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES. *Scientia et Technica Año XIV, No 39. Universidad Tecnológica de Pereira*.
- Pfeifer, K., & Helming, K. (2024). Evaluating the societal impact of research: a conceptual framework and practical guidance. *Research Evaluation*, 33(1), 3-18. doi:[doi:10.1093/reseval/rvad005](https://doi.org/10.1093/reseval/rvad005)

- Piedrahita, C. (2022). *Sistema de evaluación de impacto para los proyectos sociales, caso de uso fundación Wom-en*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Piedrahita, C. (2022). *Sistema de evaluación de impacto para los proyectos sociales, caso de uso fundación Wom-en*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Siekelova, A., Podhorska, I., & Impppola, J. J. (2021). Analytic Hierarchy Process in Multiple-Criteria Decision-Making: A Model Example. *Ecuadorian Science Journal*, 5(1), 1-13.
- Soto, J., Casado, M., & Oyagüez, I. (2023). *Modelos analíticos de decisión en evaluación económica: tipos, metodología, análisis y comunicación de los resultados*. México: Diseño y maquetación: Estudio Ediciones.
- Talero-Sarmiento, L., González-Capdevila, M., Granollers, A., Lamos-Díaz, H., & Pistili-Rodríguez, K. (2024). Hacia una evaluación heurística refinada: incorporación del análisis jerárquico para la evaluación ponderada de la usabilidad. *Big Data Cogn. Comput.* 8 (6), 69, 1-25. doi:<https://doi.org/10.3390/bdcc8060069>
- Yviricu Reina, A. D., & Núñez González, S. (2021). El impacto social de los proyectos de investigación análisis desde el contexto de la Universidad de Pinar del Río. *Revista de estudios económicos y empresariales*. N°33, 91-108.