



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

Estrategia alternativa para la priorización de proyectos de infraestructura

Gabriela Arteaga
Jaime García
Jesús Tejeda
Raúl Rodríguez

Sector de Infraestructura y
Energía
División de Transporte

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-1764

Octubre, 2019



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

Estrategia alternativa para la priorización de proyectos de infraestructura

Gabriela Arteaga
Jaime García
Jesús Tejeda
Raúl Rodríguez

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Estrategia alternativa para la priorización de proyectos de infraestructura / Gabriela
Arteaga, Jaime García, Jesús Tejeda y Raúl Rodríguez.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1764)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Infraestructure (Economics)-Decision making. 2. Infraestructure (Economics)-Planning.
3. Economic development projects-Evaluation. I. Arteaga, Gabriela. II. García, Jaime.
III. Tejeda, Jesús. IV. Rodríguez, Raúl. V. Banco Interamericano de Desarrollo. División
de Transporte. VI. Serie.

IDB-TN-1764

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative
Commons IGO 3.0

Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND)

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-
comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá
a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin
distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y
requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del
Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Estrategia alternativa para la priorización de proyectos de infraestructura*

Gabriela Arteaga, Jaime García, Jesús Tejeda y Raúl Rodríguez.

Sector de Infraestructura y Energía

Resumen

La falta de un marco de priorización de infraestructura lleva a la selección de inversiones basada en razones subjetivas o criterios con poco fundamento técnico que valide las decisiones tomadas y ayude a evaluar la efectividad de las inversiones ejecutadas. Para la creación de una metodología de priorización de inversiones, se deben considerar las complejidades que enfrentan los países en vías de desarrollo con respecto a: (i) disponibilidad de información oportuna y específica sobre los proyectos a seleccionar; (ii) falta de un plan integral de mediano o largo plazo; (iii) instituciones sólidas; (iv) alternativas técnicas sostenibles que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población y el territorio involucrado. En este documento se construye una metodología de priorización de inversiones de infraestructura bajo un enfoque multicriterio. El enfoque propuesto en esta estrategia es un Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) que integra componentes cuantitativos y cualitativos para la ejecución de la evaluación de los proyectos de infraestructura.

Palabras clave: Infraestructura, métodos cuantitativos y cualitativos, análisis multicriterio, metodología multicriterio, procesos de análisis jerárquico.

Clasificación JEL: O20; O21; O24; C65.

* Los autores agradecen la colaboración de Camila Gonzalez de la Gerencia de Infraestructura y Energía, Marcelo Consolo de la División de Transporte, Raúl Sanchez de BID-Invest y del consultor Nelson J. Salazar por sus comentarios y aportes a la publicación.

I. Introducción

La falta de una guía metodológica que sirva como marco de priorización de proyectos de infraestructura lleva a la selección de inversiones de una manera no fundamentada y basada en razones subjetivas o criterios políticos con poco sentido técnico que valide las decisiones tomadas y ayude a evaluar la efectividad de las inversiones. En países que no son miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), el marco de priorización no se encuentra documentado lo cual lleva a realizar inversiones bajo principios ambiguos y que no tienen una aproximación formal claramente establecida (Petrie, 2010).

La evidencia sugiere que la selección de proyectos se basa en muchos casos en decisiones políticas, evaluaciones cualitativas limitadas o en el criterio de profesionales, muchas veces divergentes entre países y sectores; todo esto deja espacio para la toma de decisiones ineficientes. Frente a esto, existe la necesidad de crear herramientas metodológicas rigurosas, pero a su vez simples y realistas de implementar y que permitan la adecuada priorización de proyectos. Se debe tener presente que la comparación de proyectos debe ser sistemática y basarse, siempre que resulte posible, en indicadores cuantitativos que limiten la subjetividad de los criterios.

Las Metodologías de Decisión Multicriterio (MDC)¹ hacen referencia a un conjunto de técnicas que ayudan a enfrentar problemas de toma de decisiones complejas y es especialmente útil cuando múltiples objetivos de política deben ser evaluados (Marcelo, Mandri-Perrott, House & Schwartz, 2016). En el ámbito del sector de infraestructura, el análisis multicriterio es ampliamente utilizado ya que permite asignar eficientemente los recursos escasos a través de la incorporación de rigurosidad técnica en la toma de decisiones, considerando la mayor información disponible, asegurando un análisis de las alternativas que sea objetivo y de la manera más integral posible. En tal sentido, las MDC ayudan a estructurar de manera sistemática las decisiones de selección de alternativas cuando es necesario considerar múltiples aspectos o criterios y formalizando también la inclusión de aspectos cualitativos cuando es necesario.

En otros ámbitos (personal, social, artístico, etc.) es necesario conjugar múltiples dimensiones y sus ponderaciones para establecer la bondad relativa de cada alternativa de acción. En el caso particular de los proyectos de infraestructura, si bien pueden ser valorados en términos de rentabilidad social o desde la perspectiva del monto de inversión comprometida, también suelen considerar otras dimensiones de valor, cuantitativas o cualitativas, según los objetivos e intereses de la propia comunidad donde se pretenden llevar a cabo. El aporte al desarrollo, el impacto ambiental (local o regional), el acceso a bienestar social como salud, educación, entretenimiento o

¹ Las MDC son herramientas de apoyo en el proceso de toma de decisiones, especialmente en la planificación, debido a que permiten integrar diferentes criterios de acuerdo con la opinión de los participantes, en un solo marco de análisis. Inicialmente, este método fue desarrollado en el ámbito de las ciencias económicas y en el de la ingeniería industrial. Fue desarrollado en la década de los 60 y a partir de la segunda mitad de la década de 1970 comenzó a experimentar un importante desarrollo, hasta convertirse en una herramienta científica. Los principios del análisis multicriterio se derivan de: la Teoría de Matrices, Teoría de Grafos, Teoría de las Organizaciones, Teoría de la Medida, Teoría de las Decisiones Colectivas, Investigación de Operaciones y de Economía.

comunicación, la inclusión de minorías, la creación de condiciones precursoras al desarrollo, son ejemplos de este tipo de dimensiones del valor que proyectan el impacto de cada proyecto más allá de las valoraciones económicas tradicionales. En asistencia a esta problemática de decisión, durante la segunda mitad del siglo XX fueron desarrolladas diversas Metodologías de Decisión Multicriterio, destacando en el caso de las MDC de proyectos de infraestructura aquellas dirigidas a problemas con un número discreto y fijo de alternativas de solución y que son comparables bajo una familia de criterios en común. Por su nivel de desarrollo y amplia aplicación en múltiples ámbitos en Europa y los Estados Unidos, son destacables: (i) La Teoría de la Utilidad Multiatributo (Keeney-Raiffa, 1976), (ii) Los Métodos de Superación (Bernard Roy, 1980-89), (iii) El Proceso de Análisis Jerárquico (Thomas Saaty 1980-96.).

Formalmente, los modelos de MDC son aditivos, es decir consideran la suma de los valores de los criterios ponderados según cada criterio. Fundamentalmente, son efectivos y suficientemente flexibles para hacer frente a cualquier problema que los evaluadores puedan encontrar. Técnicamente, los dos aspectos críticos de un MDC, que diversas metodologías tratan de abordar, son: (i) Los criterios de selección que deben ser considerados para evaluar las alternativas y (ii) los pesos que se le debe asignar a cada criterio. A fin de abordar estos dos aspectos críticos, algunos MDC hacen uso de métodos cuantitativos o aproximaciones cualitativas a través de la valoración de un panel de expertos para asignar los valores a las dimensiones y criterios objeto de análisis.

Los métodos estrictamente cuantitativos utilizan técnicas estadísticas para determinar los ponderadores de los criterios a analizar. Dentro de esta rama se encuentra, por ejemplo; el Análisis de Componente Principales el cual permite desvelar la estructura interna de un conjunto de datos y sus dimensiones subyacentes, a fin de obtener un número reducido de variables. Aplicado a la priorización de proyectos de infraestructura, los métodos estadísticos se utilizan para determinar los pesos de cada variable en la función aditiva del índice; con lo cual es posible calcular coeficientes basados únicamente en la relación estadística entre variables. Es de destacar que el MDC basado en métodos estadísticos, es intensivo en el uso de información histórica de proyectos, la cual debe ser recopilada y procesada de manera rigurosa.

Con el propósito de formalizar una metodología de decisión para proyectos de infraestructura, en este artículo se ha seleccionado el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), introducido entre 1980 – 1996 por el matemático norteamericano Thomas Saaty, por su rigurosa síntesis matemática, así como la garantía de consistencia del ejercicio de formalización de una comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico de tres niveles (Objetivo, Criterios y Alternativas).

En lo que resta de este documento se continuará desarrollando una estrategia metodológica para priorizar proyectos de infraestructura bajo un enfoque multicriterio; en la segunda sección se muestran los principales elementos del PAJ y se plantean algunas mejoras para adaptarlo al proceso de selección de instituciones gubernamentales y organismos de desarrollo, en el que se busca medir la contribución de las alternativas a un Objetivo Principal. Además de lo anterior haciendo uso de antecedentes sobre el nivel de preparación de las alternativas de proyecto, se

formaliza un proceso de toma de decisiones altamente efectivo y eficiente en cuanto a comprensión, tiempo de análisis y requerimientos de información. La tercera sección muestra la aplicación práctica de la metodología aquí formalizada y sus resultados para un caso hipotético con características de una cartera de proyectos en un país en desarrollo, la cuarta sección expone los resultados del ejercicio y por último la quinta sección expone las conclusiones del ejercicio.

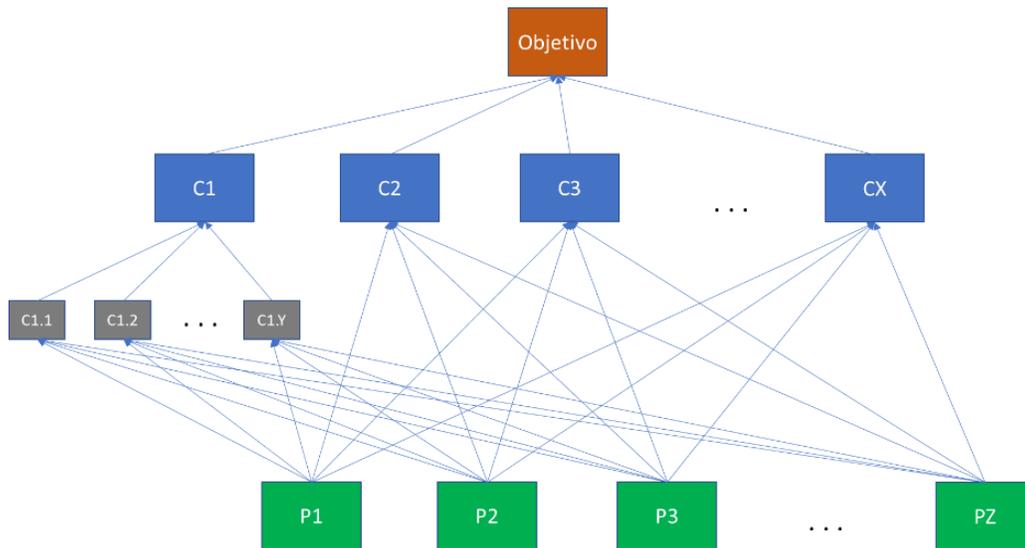
II. Descripción del Proceso de Análisis Jerárquico

El Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) es una herramienta formal en la cual el elemento principal para la toma de decisiones responde a una serie de comparaciones de pares de los valores de los criterios a evaluar para cada una de las alternativas. Este método es ampliamente usado para la priorización de proyectos como complemento al Análisis Costo Beneficio tradicional. Los campos de aplicación del PAJ son extensos y no se limitan a la priorización de proyectos. El PAJ inicia por establecer las jerarquías sobre los criterios que conducen un sistema hacia un objetivo deseado, identificando *el objetivo, los criterios, subcriterios y alternativas*.

El método se basa fundamentalmente en la *comparación a pares de los criterios de interés a fin de establecer el orden de prioridad entre criterios y alternativas*. Para realizar esto, el método requiere que el tomador de decisiones provea juicios de importancia relativa de cada criterio para definir una preferencia relativa de cada alternativa de decisión. En consecuencia, el resultado de un PAJ es una clasificación ordenada de prioridades de las alternativas de decisión, basadas en las preferencias globales expresadas por el tomador de decisiones.

Para aplicar un PAJ es necesario construir un Mapa Jerárquico General (MJG) en función de la meta global. Para esto se define el objetivo que se desea aproximar estableciendo los criterios o variables de incidencia que aproximan el objetivo; estas variables o criterios pueden ser de carácter cuantitativo o cualitativo. Seguidamente se incorporan en la gráfica del MJG, cada una de las alternativas a evaluar las cuales estarán conectadas a cada uno de los criterios y subcriterios anteriormente definidos. En la Figura 1 se presenta una estructura general típica de un Proceso de Análisis Jerárquico para priorización de proyectos, en ella se tiene un *objetivo* cuya satisfacción puede alcanzarse por Z *alternativas de proyecto* ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_Z$) los cuales son comparados a través de una estructura de X *criterios* ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_X$), los cuales pueden estar o no estar subdivididos en hasta Y *sub criterios* ($C_{i.1}, C_{i.2}, \dots, C_{i.Y}$).

Figura 1.



Mapa Jerárquico General (MJG) del problema

Fuente: Proceso de Análisis Jerárquico según metodología de Thomas Saaty, Jaime García, mayo 2017.

2.1 Matrices de comparación de criterios para definir ponderadores

Como se ha mencionado anteriormente, para definir los dos aspectos críticos de un análisis multicriterio, específicamente: (i) los criterios de selección que serán considerados para evaluar las alternativas y (ii) los pesos relativos que se le asignarán a cada criterio, el PAJ se enfoca en la opinión de un panel de expertos para asignar los valores relativos de cada criterio, lo anterior en caso de no disponer de datos numéricos.

Para el cálculo de los pesos relativos, el PAJ propone establecer la importancia relativa de cada criterio comparando todos los pares de criterios definidos por el panel de expertos. El panel de expertos que propone los criterios estaría compuesto por integrantes que comprendan la necesidad que tienen los beneficiarios del proyecto, mientras que los expertos que dan el peso de cada criterio están versados en un tema particular. La comparación por pares se realiza a través de la asignación de valores de intensidad relativa entre cada uno de los criterios usando la *Escala fundamental de números absolutos* desarrollada por T. Saaty (1994), la cual toma valores del 1 al 9 (Figura 2). Para asignar tales valores, es útil hacerse la pregunta: *¿Cuánto supera este elemento (o actividad) al elemento con el cual se está comparando?*

Tabla 1. La escala fundamental de número absolutos.

Intensidad de Importancia	Definición de importancia relativa	Explicación
1	Igual	Dos actividades que contribuyen igualmente al objetivo
2	Leve	
3	Moderada	Experiencia y juicios levemente inclinados a favor de una respecto a otra
4	Moderadamente mayor	
5	Más Fuerte	Experiencia y juicios inclinados fuertemente a favor de una respecto a otra
6	Más fuerte plus	
7	Mucho más Fuerte o demostrada	Una actividad es favorecida muy fuertemente respecto de la otra; su superioridad es demostrable en la práctica
8	Muy muy fuerte	
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra es del nivel de afirmación más alto posible
2,4,6,8	Representan los valores intermedios	

Fuente: "The Analytic Hierarchy/Network Process" Thomas L. Saaty (2008)

Seguidamente, los valores asignados a cada comparación de par se construyen de forma matricial y se obtiene la Matriz de Comparación por Pares de Criterios. A fin de derivar los ponderadores de los criterios, se debe normalizar la matriz antes mencionada. La matriz normalizada, se obtiene dividiendo el componente original entre la suma de los componentes de su respectiva columna. Posteriormente, se calcula el vector propio de la matriz normalizada el cual es obtenido como el promedio de la fila respectiva de la matriz de comparación de pares normalizada. (Ver Tabla 2 y 3 y Ecuaciones 1 y 2)

Los elementos del vector propio normalizado se denominan pesos con respecto a los criterios o subcriterios y son de relevancia en el proceso de evaluación debido a que definirán la calificación de cada una de las alternativas. Este vector propio resultante representará los pesos relativos o ponderaciones de los criterios de interés a evaluar para cada proyecto. El mismo procedimiento se aplica tanto para los criterios como para los subcriterios en caso de que estos últimos estén definidos en el *Mapa Jerárquico General del problema*.

Sea A, la Matriz de Comparación mutua de los “n” elementos del vector C, donde sus elementos representan la denominación de la familia de criterios.

Tabla 2. Matriz de comparación de Criterios (o Subcriterios) según su Aporte Relativo al logro del Objetivo (o Criterio Padre)

	C 1	C 2	C 3
C 1	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
C 2	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃
C 3	A ₃₁	A ₃₂	A ₃₃

En primer lugar, se debe Normalizar la Matriz A, dividiendo cada elemento por la sumatoria de los elementos de la columna de pertenencia, mediante la siguiente ecuación:

$$A'_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{i=1}^n A_{ij}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Luego, el Vector Propio W, conformado por los pesos relativos de los Criterios (o Alternativas), se obtiene promediando los elementos de la fila correspondiente de la Matriz Normalizada A'.

Tabla 3. Matriz Normalizada A'

	C 1	C 2	C 3	Vector propio
C 1	A' _{1,1}	A' _{1,2}	A' _{1,3}	W ₁
C 2	A' _{2,1}	A' _{2,2}	A' _{2,3}	W ₂
C 3	A' _{3,1}	A' _{3,2}	A' _{3,3}	W ₃

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n A'_{ij}}{n} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

W_i : Peso relativo del criterio i.

A_{ij} : Elemento (i,j) de la Matriz de comparación.

A'_{ij} : Resultado del ejercicio de comparación del Criterio i, respecto del Criterio j y normalización. Elemento (i,j) de la Matriz de comparación.

n : Número total de criterios

2.2 Comparación de las alternativas de proyectos

Una vez establecidas las matrices de comparación de los criterios, el proceso de análisis jerárquico toma cada una de las alternativas de proyecto y las valora cuantitativa o cualitativamente, desde el punto de vista de cada criterio o subcriterio. Por ejemplo, si uno de los criterios de selección es la población que será beneficiada, cada alternativa se valora desde ese punto de vista con la cifra

correspondiente. Sin embargo, si un criterio consiste en los niveles de seguridad que el proyecto puede traer a la comunidad, se deberá realizar un ejercicio de comparación de a pares del mismo tipo que el aplicado para comparar los criterios, considerando la participación de expertos en la materia.

2.2.1 Comparación de alternativas cuantificables.

Si los valores numéricos que representan a cada alternativa, bajo un determinado criterio, representan una valoración directa de su aporte a la maximización de este (cuanto mayor, es mejor), entonces, la matriz de comparación B, quedará determinada según se muestra en la tabla 4 y ecuación 3.

Tabla 4. $B(C_k)$: Matriz de comparación de Alternativas de Proyecto (P_i) según su Aporte Relativo a un criterio o subcriterio determinado (C_k)

	P 1	P 2	P 3
P 1	$B(C_k)_{11}$	$B(C_k)_{12}$	$B(C_k)_{13}$
P 2	$B(C_k)_{21}$	$B(C_k)_{22}$	$B(C_k)_{23}$
P 3	$B(C_k)_{31}$	$B(C_k)_{32}$	$B(C_k)_{33}$

$$B(C_k)_{ij} = \frac{VP_i(C_k)}{VP_j(C_k)} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde,

$B(C_k)_{ij}$: Comparación de las alternativas i y j, respecto de su valoración según el criterio C_k .

$VP_i(C_k)$: Valor numérico que adopta la alternativa de proyecto P_i , y que está relacionado directamente con su aportación al criterio C_k (cuanto mayor valor, es mayor el cumplimiento del criterio).

$VP_j(C_k)$: Valor numérico que adopta la alternativa de proyecto P_j , y que está relacionado directamente con su aportación al criterio C_k (cuanto mayor valor, es mayor el cumplimiento del criterio).

A continuación, el proceso de análisis determina numéricamente y de forma comparable, el aporte de las alternativas de proyecto al criterio C_k , mediante la determinación de los valores propios de la Matriz $B(C_k)$, para cada una de sus filas.

En primer lugar, se debe Normalizar la Matriz B, dividiendo cada elemento por la sumatoria de los elementos de la columna de pertenencia, mediante la siguiente ecuación:

$$B'(C_k)_{ij} = \frac{B(C_k)_{ij}}{\sum_{i=1}^n B(C_k)_{ij}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Luego, el Vector Propio V, conformado por los puntajes relativos de las Alternativas, se obtiene promediando los elementos de la fila correspondiente de la Matriz Normalizada $B'(C_k)$.

Tabla 5. Matriz Normalizada $B'(C_k)$

	<i>P 1</i>	<i>P 2</i>	<i>P 3</i>	Vector propio
<i>P 1</i>	$B'(C_k)_{11}$	$B'(C_k)_{12}$	$B'(C_k)_{13}$	V_1
<i>P 2</i>	$B'(C_k)_{21}$	$B'(C_k)_{22}$	$B'(C_k)_{23}$	V_2
<i>P 3</i>	$B'(C_k)_{31}$	$B'(C_k)_{32}$	$B'(C_k)_{33}$	V_3

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^n B'(C_k)_{ij}}{n} \quad (\text{Ec. 5})$$

2.2.2 Comparación de alternativas no cuantificables.

Si bajo un determinado criterio, las alternativas sólo pueden compararse de forma cualitativa, entonces, se deberá realizar la comparación de a pares de alternativas, considerando la escala fundamental de números absolutos² introducida por T. Saaty y presentada en la Tabla 1, y se formula la pregunta: *¿Cuánto supera este elemento (o actividad) al elemento con el cual se está comparando, en la medida en que posee la propiedad, contribuye a ella, la domina, influye sobre ella, la satisface, o la beneficia?* En base a esta pregunta se realizan todas las combinaciones posibles de comparaciones de pares y se construye la matriz de alternativas imputando el valor asignado de la escala. Empezando por la construcción de la matriz de comparación de alternativas de proyecto bajo cualquier criterio cualitativo C_q , que se denomina $B(C_q)$ según:

Tabla 6. $B(C_q)$: Matriz de comparación de Alternativas de Proyecto (P_i) según su Aporte Relativo a un criterio o subcriterio determinado (C_q)

	<i>P 1</i>	<i>P 2</i>	<i>P 3</i>
<i>P 1</i>	$B(C_q)_{11}$	$B(C_q)_{12}$	$B(C_q)_{13}$
<i>P 2</i>	$B(C_q)_{21}$	$B(C_q)_{22}$	$B(C_q)_{23}$
<i>P 3</i>	$B(C_q)_{31}$	$B(C_q)_{32}$	$B(C_q)_{33}$

$$B(C_q)_{ij} = V[P_i(C_k), \text{respecto de } P_j(C_k)] \quad (\text{Ec. 6})$$

Tal que,

$B(C_q)_{ij}$: Es el resultado del ejercicio de comparación cualitativa de la bondad de la alternativa de proyecto P_i sobre la alternativa de proyecto P_j , según el criterio cualitativo C_q .

De forma consistente, debe verificarse que:

$$B(C_q)_{ij} = \frac{1}{B(C_q)_{ji}} \quad (\text{Ec. 7})$$

² Como ya se ha mencionado, el método propuesto permite subsanar cualquier carencia de información que pueda surgir para los evaluadores siguiendo la formalización establecida en el método PAJ.

A continuación, el proceso de análisis determina numéricamente y de forma comparable, el aporte de las alternativas de proyecto al criterio cualitativo C_q , mediante la determinación de los valores propios de la Matriz $B(C_q)$, para cada una de sus filas.

En primer lugar, se debe Normalizar la Matriz B , dividiendo cada elemento entre la sumatoria de los elementos de la columna de pertenencia, mediante la siguiente ecuación:

$$B'(C_q)_{ij} = \frac{B(C_q)_{ij}}{\sum_{i=1}^n B(C_q)_{ij}} \quad (\text{Ec. 8})$$

Luego, el Vector Propio V , conformado por los puntajes relativos de las Alternativas, se obtiene promediando los elementos de la fila correspondiente de la Matriz Normalizada $B'(C_q)$.

Tabla 7. Matriz Normalizada $B'(C_q)$

	<i>P 1</i>	<i>P 2</i>	<i>P 3</i>	<i>Vector propio</i>
<i>P 1</i>	$B'(C_q)_{11}$	$B'(C_q)_{12}$	$B'(C_q)_{13}$	V_1
<i>P 2</i>	$B'(C_q)_{21}$	$B'(C_q)_{22}$	$B'(C_q)_{23}$	V_2
<i>P 3</i>	$B'(C_q)_{31}$	$B'(C_q)_{32}$	$B'(C_q)_{33}$	V_3

$$V_i = \frac{\sum_{j=1}^n B'(C_q)_{ij}}{n} \quad (\text{Ec. 9})$$

2.3 Verificación de la consistencia de las matrices.

A fin de minimizar errores en la asignación de los puntajes y comprobar que el ejercicio cumple con la propiedad de consistencia, la metodología PAJ sugiere realizar pruebas de consistencia a cada matriz de comparaciones construida, ya sea de criterios o de alternativas.

Teóricamente, para considerar “consistente” a una matriz de comparaciones deben cumplirse 3 principios:

- Reciprocidad: “Si X es k veces más importante que Y , entonces la importancia de Y es $1/k$ veces la importancia de X ”.
- Transitividad: “Si X es más importante que Y , y Y es más importante que Z , entonces X es más importante que Z ”.
- Proporcionalidad: “Si la importancia de X es r veces la de Y , y s veces la de Z , entonces la importancia de Y es s/r veces la importancia de Z ”.

En general, si la matriz es de orden $n \times n$ debe cumplirse que:

$$A_{jk} = \frac{A_{ik}}{A_{ij}} \text{ para todo } i \leq n$$

En caso de que se no se cumplan algunos de los principios de consistencia antes mencionados, el PAJ (Thomas Saaty 1980-96.) recomienda:

- a) Encontrar el juicio más inconsistente en la matriz. Aquel componente tal que el valor propio $\varepsilon_{ij} = a_{ij}p_j/p_i$ resulta mayor, refiriéndose a los elementos de la matriz de comparación de criterios o subcriterios (Tabla 2); donde: ε_{ij} es el valor propio, a_{ij} representa una puntuación comparativa del elemento i , respecto del elemento j (fila i , columna j), p_j representa los pesos del elemento j y p_i pesos del elemento i .
- b) Determinar el rango de valores al cual dicho componente puede ser cambiado de tal forma de mejorar la consistencia (haciendo pequeños cambios al componente a_{ij} seleccionado en el paso anterior y verificando la variación de la inconsistencia.
 - i. Debe asegurarse de conservar el principio de reciprocidad: $a_{ij} = 1/a_{ji}$
- c) Solicite al decisor (juez), de ser posible, cambiar su juicio comparativo hacia algún valor dentro del rango de consistencia.
 - i. De no ser posible ejecutar el paso c), volver al paso a) y pasar al siguiente mayor valor propio de la tabla, y así sucesivamente.

Lo anterior es relevante tener en cuenta a la hora de evaluar debido a que las comparaciones realizadas por este método son subjetivas, y el PAJ tolera algo de contradicción a través de la cantidad de redundancia en el enfoque. Si el índice de consistencia no llega a un nivel adecuado en las comparaciones, las respuestas se deben reexaminar. En el Apéndice I del presente documento se explica el procedimiento de cálculo de la inconsistencia global de las matrices.

2.4 Síntesis de los resultados de la estrategia de priorización

Después de evaluar las matrices de comparación por pares para cada criterio y de realizar el cálculo de los pesos locales, se procede a realizar la síntesis respecto a la meta, obteniendo así los pesos globales que permitirán clasificar las alternativas de proyectos en orden de prioridad. La síntesis del conjunto de estos juicios que arroja la escala de intensidades de preferencias (prioridad) entre el total de elementos comparados está dada por la siguiente matriz y ecuación:

Tabla 8. Matriz Final

	Criterio 1		Criterio 2	Criterio 3	Ponderación Final
	Subcriterio 1.1	Subcriterio 1.2			
Alternativa 1	$Wa_1 c_{11}$	$Wa_1 c_{12}$	$Wa_1 c_2$	$Wa_1 c_3$	P_1
Alternativa 2	$Wa_2 c_{11}$	$Wa_2 c_{12}$	$Wa_2 c_2$	$Wa_2 c_3$	P_2
Alternativa 3	$Wa_3 c_{11}$	$Wa_3 c_{12}$	$Wa_3 c_2$	$Wa_3 c_3$	P_3
Alternativa 4	$Wa_4 c_{11}$	$Wa_4 c_{12}$	$Wa_4 c_2$	$Wa_4 c_3$	P_4

Criterio 1		Criterio 2	Criterio 3
Subcriterio 1.1	Subcriterio 1.2		
Wc_{11}	Wc_{12}	Wc_2	Wc_3

$$P_i = \sum_{j=1}^n (Wa_i c_j * Wc_j), \quad \text{Ec. 10}$$

Donde,

$Wa_i c_j$: Peso relativo de la alternativa i, desde el punto de vista del criterio j

Wc_j : Peso relativo del criterio j / subcriterio j, desde el punto de vista de satisfacción del Objetivo Principal / Criterio PADRE.

i: Índice de cada alternativa de proyecto.

j: Índice de cada criterio (o subcriterio)

n: Total de criterios. Si un criterio tiene subcriterios, corresponde al número de sus subcriterios y que se contabilizan con el resto de los criterios.

De lo anterior se obtiene finalmente un gráfico de puntajes que representan la prioridad y que puede ser comparado en un gráfico de dispersión para la toma de decisiones.

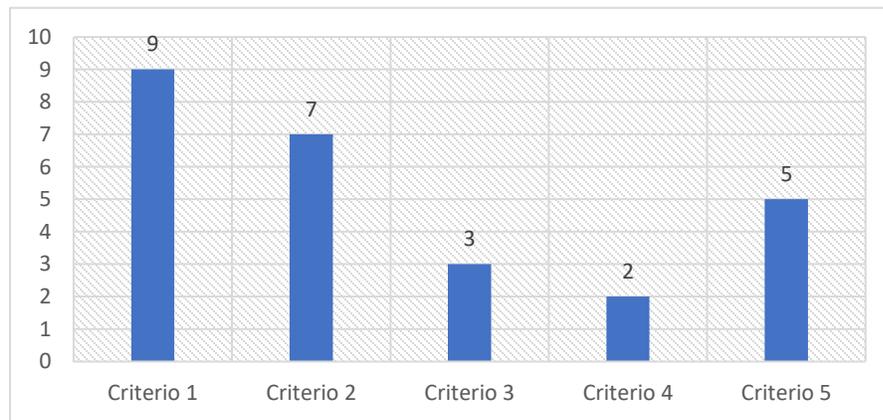
III. Nueva aproximación metodológica a un proceso de priorización de proyectos.

Hasta aquí se ha descrito la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) desarrollado por T. Saaty (1980-96.), de esto destacamos la utilidad de aplicar un proceso estructurado de análisis multicriterio a un grupo de proyectos. En este apartado exponemos nuestro enfoque a la metodología PAJ, la cual incluye modificaciones que a juicio de los autores y en base a las aplicaciones realizadas por diferentes autores, contribuyen a simplificar la aplicación de la metodología PAJ.

3.1 Comparación de criterios insertando un ecualizador visual

Para realizar la comparación de criterios y subcriterios proponemos un mecanismo que permite reemplazar la comparación de pares por una comparación simultánea y visual de todos los criterios, asegurando efectividad, simplicidad y consistencia de las matrices resultantes. Para esto, partimos de la elaboración del Mapa Jerárquico General del problema descrito en la sección II, “Descripción del Proceso de Análisis Jerárquico”, seguidamente para construir la Matriz de Comparación de Criterios y Subcriterios se propone usar la *escala fundamental de números absolutos*, pero asignar los puntajes de manera grupal y simultánea lo cual sería emplear un Ecualizador Visual³ de la siguiente manera:

Figura 2.



Comparación de criterios grupales respecto de su contribución al objetivo principal.

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

A partir de los valores de la Figura 2 se procede a seguir los pasos estándares del PAJ descritos en la Sección II relacionados a la construcción de una tabla comparativa que nos permita, después de normalizar, extraer el vector propio de pesos relativos aplicando el procedimiento estándar expuesto en las tablas 2 y 3 y Ecuaciones 1 y 2. El ecualizador visual arrojará, para cada criterio i , un valor de importancia relativa denominado IR_i , y representa la importancia de cada criterio para todo el marco agregado del problema, es decir para todo el grupo de criterios o comparación grupal de las alternativas tal que:

$$IR_i \in [1, \dots, 9],$$

Notar que IR_i toma los valores de la *escala fundamental de números absolutos* de la Tabla 1.

Luego, los elementos de la matriz de comparación A, descrita en la Tabla 3, se obtienen como:

³ Se refiere al uso de cualquier herramienta gráfica tales como gráficos tradicionales, figuras o infografías que permiten analizar de manera sintética información compleja, y permite entonces alcanzar conclusiones relevantes de manera relativamente sencilla.

$$A_{ij} = \frac{IR_i}{IR_j}, \quad \text{Ec. 11}$$

Esta matriz, satisface el requisito de **consistencia del Proceso de Análisis Jerárquico**, según se demuestra directamente que:

Si se tiene la condición de consistencia $A_{j,k} = \frac{A_{i,k}}{A_{i,j}}$ para todo $i \leq n$

Y se definen los elementos como $A_{ij} = \frac{IR_i}{IR_j}$ y $A_{ik} = \frac{IR_i}{IR_k}$

Entonces, $\frac{A_{ik}}{A_{ij}} = \frac{\frac{IR_i}{IR_k}}{\frac{IR_i}{IR_j}} = \frac{IR_j}{IR_k} = A_{jk}$

Siguiendo con el ejemplo del Ecuador visual se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 9. Comparación de criterios principales respecto a su contribución al objetivo principal

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Criterio 1	1.00	1.29	3.00	4.50	1.80
Criterio 2	0.78	1.00	2.33	3.50	1.40
Criterio 3	0.33	0.43	1.00	1.50	0.60
Criterio 4	0.22	0.29	0.67	1.00	0.40
Criterio 5	0.56	0.71	1.67	2.50	1.00

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

Tabla 10. Matriz normalizada y vector propio o pesos relativos

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Pesos Relativos
Criterio 1	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Criterio 2	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Criterio 3	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Criterio 4	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Criterio 5	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

3.2 Comparación de las alternativas de proyectos

3.2.1 Comparación de alternativas cuantificables

Una vez establecidas las matrices de comparación a pares de los criterios y subcriterios, y obtenidos sus respectivas ponderaciones, se procede a comparar las alternativas de proyectos a la luz de cada uno de los criterios establecidos. Al respecto, cuando los evaluadores poseen valores

numéricos de los proyectos para cada uno de los criterios a evaluar, entonces se procede a calcular la intensidad relativa de un proyecto con respecto al otro. Por ejemplo; los datos numéricos para el criterio beneficiarios indirectos de un proyecto se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11. Datos numéricos de las alternativas de proyectos para el criterio: Beneficiarios indirectos.

Proyecto 1	3,200,000.00
Proyecto 2	3,200,000.00
Proyecto 3	1,019,719.00
Proyecto 4	285,900.00

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

A partir de los datos anteriores, se establece la matriz de comparación de alternativas con los datos relativos de cada comparación a pares de los proyectos. Siguiendo el procedimiento de la sección 2.2.1, se calcula la incidencia relativa para el criterio *beneficiarios indirectos* del Proyecto 1 versus el Proyecto 2 para establecer el valor de $Celda_{1,2}$ de la siguiente manera:

$$Celda_{1,2} = \frac{\text{Proyecto 1}}{\text{Proyecto 2}} = \frac{3,200,000.00}{3,200,000.00} = 1$$

Para el caso de la $Celda_{1,3}$ se calcula la incidencia relativa para el criterio *beneficiarios indirectos* del Proyecto 1 versus el Proyecto 3 hasta completar todas las combinaciones posibles de comparaciones de pares.

$$Celda_{1,3} = \frac{\text{Proyecto 1}}{\text{Proyecto 3}} = \frac{3,200,000.00}{1,019,719.00} = 3.14$$

Finalmente se obtiene la siguiente matriz;

Tabla 12. Matriz Comparativa de Incidencias Relativas para el Criterio de Beneficiarios Indirectos

	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4
Proyecto 1	1.00	1.00	3.14	11.19
Proyecto 2	1.00	1.00	3.14	11.19
Proyecto 3	0.32	0.32	1.00	3.57
Proyecto 4	0.09	0.09	0.28	1.00

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

La matriz normalizada y el correspondiente vector propio es la siguiente:

Tabla 13. Matrices de Comparación Por pares de Alternativas de Proyectos y Puntuaciones

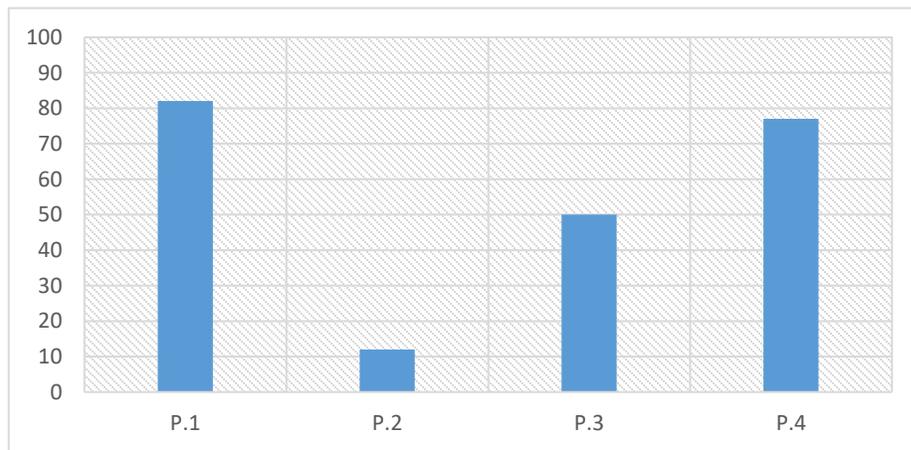
	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Vector propio	
Proyecto 1	0.415	0.415	0.415	0.415	Proyecto 1	0.42
Proyecto 2	0.415	0.415	0.415	0.415	Proyecto 2	0.42
Proyecto 3	0.132	0.132	0.132	0.132	Proyecto 3	0.13
Proyecto 4	0.037	0.037	0.037	0.037	Proyecto 4	0.04

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

3.2.2 Comparación de alternativas para criterios no cuantificables y ecualizador visual.

En caso de que, a la luz de algún criterio, las alternativas sólo puedan compararse de forma cualitativa (Ver sección 2.2.2, Comparación de alternativas no cuantificables), se propone insertar un ecualizador visual que como ya hemos mencionado, consiste en realizar una comparación grupal de alternativas considerando la *escala fundamental de números absolutos*, proponiendo extender la escala a un puntaje máximo de 100. El motivo de este ajuste es debido a que después de varias pruebas se encontró que, al incrementar el número de alternativas de proyectos, las asignaciones de importancia relativa se repetían o coincidían entre alternativas, lo que ocasionaba que, al momento de sintetizar, las alternativas tienden a obtener puntajes similares dificultando el proceso de toma de decisión. En el caso de 4 proyectos, el análisis grupal de alternativas sería de la siguiente manera:

Figura 3.



Comparación de alternativas respecto de su contribución al Criterio.

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

A partir de los valores de la Figura 3, se procede a seguir los pasos estándares del PAJ descritos en la sección II, obteniendo:

Tabla 14. Matriz de comparación

	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4
Proyecto 1	1.00	6.31	1.64	1.06
Proyecto 2	0.16	1.00	0.26	0.17
Proyecto 3	0.61	3.85	1.00	0.65
Proyecto 4	0.94	5.92	1.54	1.00

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

Tabla 15. Matriz normalizada y vector propio o puntuaciones

	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Vector propio
Proyecto 1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37
Proyecto 2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
Proyecto 3	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
Proyecto 4	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35

Fuente: Elaboración propia con base en metodología PAJ

Una vez evaluado todos los criterios y subcriterios, así como también las alternativas, se procede a realizar la síntesis de los resultados de la estrategia de priorización siguiendo el proceso en descrito en el sistema de ecuaciones de la Sección 2.4.

3.3 Inclusión de la Dimensión de Nivel de Preparación al PAJ

Como parte de la revisión y elaboración de la metodología de priorización para proyectos de infraestructura, se considera necesario incluir una dimensión adicional como un elemento de decisión relacionado al Nivel de Preparación de los proyectos que, una vez analizado nos permita crear un mapa bidimensional combinando las dos dimensiones relevantes; Contribución al Desarrollo (CD) y Nivel de Preparación (NP). Este nivel adicional es relevante debido a que, en la práctica, el estado en el cual se encuentran los proyectos para financiamiento es un área adicional para analizar para la toma de decisiones estratégicas y hacer uso eficiente de recursos.

Elementos de tipo institucional, administrativo y legal, entrarían a formar parte de la dimensión de Nivel de Preparación de los Proyectos, concretamente; (1) el estado de los estudios técnicos del proyecto, (2) estado de los permisos medioambientales, (3) los estudios socioeconómicos y medioambientales, (4) estudios económicos y financieros y (5) si el proyecto se encuentra en proceso de adjudicación para financiamiento o construcción. Para analizar la dimensión de Nivel de Preparación de los Proyectos se propone construir un sistema de puntajes asignando a valores la consecución de cada subcriterio buscando conformar la ecuación siguiente:

$$NP = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

Donde:

NP ; Sumatoria de todos los puntajes.

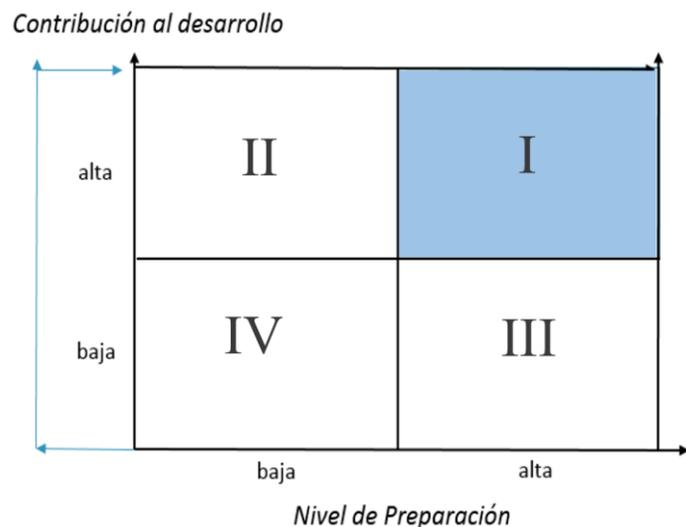
P_i ; representa el puntaje obtenido por el subcriterio.

Una vez otorgados los puntajes antes mencionados en base al estado de los estudios necesarios para la implementación de cada proyecto, se calcula un índice que no es más que la sumatoria de los puntajes obtenidos en cada uno de los criterios anteriormente descritos. El resultado indica la puntuación obtenida en la dimensión NP la cual puede ser comparada en cada una de las alternativas de proyectos. Con el propósito de establecer una decisión en base a la información multicriterio establecida en las dimensiones de interés de contribución al desarrollo CD y la dimensión de nivel de preparación NP ; una vez calculados los índices, estos son graficados en un plano creando un mapa de proyectos útil para fines de la comparación de las puntuaciones de los proyectos y derivar la decisión final.

3.4 Criterios de decisión según los cuadrantes.

Una vez calculados las dos dimensiones CD y NP para cada uno de los proyectos, se considera relevante realizar un gráfico de dispersión con el eje X; los resultados por proyecto de la dimensión de Nivel de Preparación y el eje de las Y; los resultados por proyecto de la Contribución al Desarrollo. Esto facilita la comparación de resultados entre proyectos y la toma de decisiones estratégicas.

Figura 4.



Mapa de Priorización de Proyectos

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 4. se definen cuatro cuadrantes los cuales se conceptualizan de la siguiente manera:

Cuadrante I: Alta Contribución al Desarrollo y Alto Nivel de preparación.

Los proyectos que se sitúen en este cuadrante tendrían prioridad y serían seleccionados para ser implementados en el corto plazo debido a que son los que pueden presentar resultados positivos en el futuro inmediato. Por ejemplo, si la estrategia de priorización se está llevando a cabo en el marco de un programa de desarrollo con instituciones financieras multilaterales, este grupo de proyectos podría representar la Primera Fase del programa.

Cuadrante II: Alta Contribución al Desarrollo y Bajo Nivel de preparación.

Los proyectos que se sitúen en este cuadrante tendrían como prioridad impulsar las acciones necesarias en materia de preparación, por ejemplo; en la elaboración de los estudios de prefactibilidad y factibilidad técnica y socioeconómica, ambientales y legales a fin de que los proyectos en este cuadrante logren moverse al cuadrante *ideal*, o Cuadrante I.

Cuadrante III: Bajo Contribución al Desarrollo y Alto Nivel de preparación.

Para los proyectos de este cuadrante la prioridad estratégica podría ser realizar estos programas en la Segunda Fase de un programa de desarrollo.

Cuadrante IV: Baja Contribución al Desarrollo y Bajo Nivel de preparación.

Para los proyectos del cuadrante IV, la prioridad estratégica podría ser impulsar los estudios de prefactibilidad a fin de analizar en mayor profundidad su verdadera contribución al desarrollo.

Como regla general de decisión se recomienda tener en cuenta que los proyectos que se encuentran en un Nivel de Preparación bajo debido a que no cuentan con información de prefactibilidad, se debe considerar que cuanto mayor sea la información disponible, estos proyectos podrían trasladarse a los cuadrantes de alta contribución al desarrollo y resultar atractivos para su priorización.

IV. Aplicación del PAJ a proyectos de infraestructura

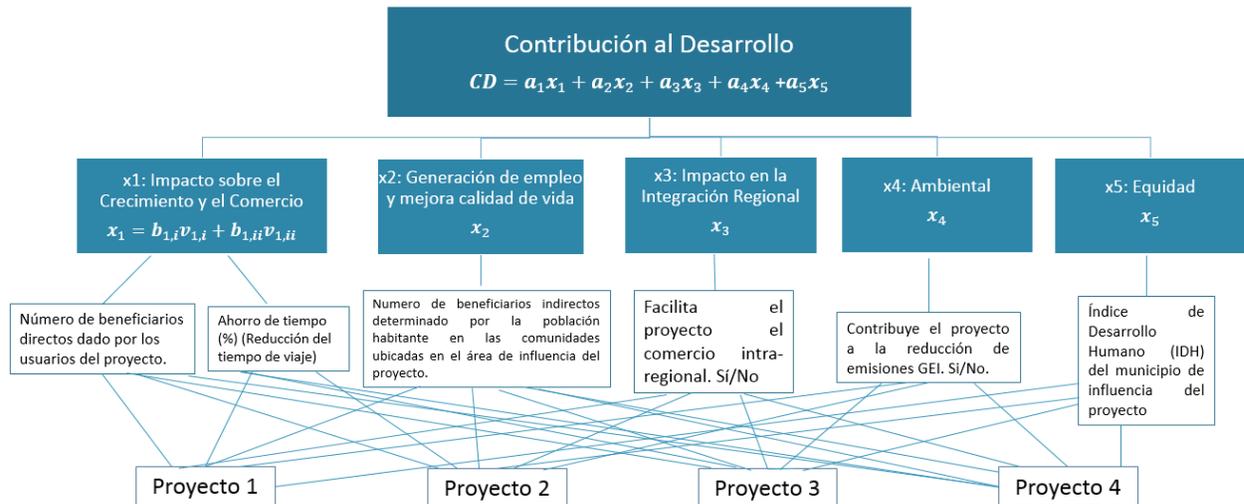
4.1 Elaboración del Mapa Jerárquico. Definición de Criterios y Subcriterios.

En esta sección se presenta de manera resumida la construcción de un modelo de PAJ hipotético para priorizar proyectos de infraestructura de transportes y logística para un país al que se denominará “país A”. Las dimensiones por considerar para aplicar la metodología PAJ es la Contribución al Desarrollo Sostenible y Nivel de Preparación de los proyectos de transporte e infraestructura. Esta información típicamente se encuentra disponible en los estudios de prefactibilidad y análisis Costo Beneficio de los proyectos. Es importante mencionar que la PAJ constituye un modelo simplificado que puede extenderse según las prioridades estratégicas de cada país y de la disponibilidad de información sobre los proyectos a evaluar.

4.1.1. Dimensión de contribución al desarrollo sostenible (CD):

Este aspecto es evaluado tomando en consideración la capacidad que tiene el proyecto para generar actividades económicas sostenibles, en forma directa e indirecta, posterior a su ejecución. Es decir, el objetivo es capturar el potencial del proyecto de generar actividades económicas locales que permitan el desarrollo de las potencialidades de la zona a intervenir. La dimensión también toma en cuenta aspectos sociales relacionados a si el proyecto tiene alguna incidencia ambiental además de si está localizado en un área con alta pobreza y bajos niveles de calidad de vida. Una vez evaluada la dimensión, se agregan los valores normalizados en un índice compuesto (CD) que indica la puntuación obtenida en la dimensión la cual puede ser comparada en cada una de las alternativas de proyectos a evaluar. El Mapa de Análisis Jerárquico para la dimensión Contribución al Desarrollo es el siguiente:

Figura 5.



Mapa de Análisis Jerárquico Dimensión Contribución al Desarrollo

Fuente: Elaboración Propia

La definición de los criterios y subcriterios dentro de la dimensión de Contribución al Desarrollo (CD) son los siguientes.

1. Impacto sobre el crecimiento y el comercio (x_1)

Este criterio se compone de dos subcriterios que permitirán aproximar el resultado. Los subcriterios son los siguientes:

1.1 Número de beneficiarios directos ($x_{1.1}$)

Variable cuantitativa del número de beneficiarios determinado por el número de usuarios del proyecto. En caso de obras lineales de transporte, los beneficiarios son los usuarios que transitan en la vía para casos de rehabilitación, mientras que, para casos de construcción de nuevas vías, los

beneficiarios están definidos por los usuarios que transitarán en la vía. Para aeropuertos y puertos se consideran beneficiarios los usuarios del servicio y para las Zonas de Actividad Logística⁴ los beneficiarios son tanto los operadores comerciales generadores de carga como los operadores logísticos.

1.2 Ahorro de tiempo de viajes ($x_{1,2}$)

Variable cuantitativa de la reducción porcentual en los tiempos de viajes para los proyectos de transporte y logística. La cuantificación de esta variable es de relevancia para aproximar el impacto en el crecimiento ya que típicamente, reducciones en los tiempos de viaje significan reducción de los costos de transporte y de transacción para los agentes económicos significando ganancias de competitividad y la eficiencia económica para las actividades comerciales y de servicios.

2. Generación de empleo y mejora de la calidad de vida (x_2)

La generación de empleo y mejora de la calidad de vida es una variable cuantitativa que será aproximada con el número de beneficiarios indirectos determinado por la población habitante en las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto. Se considera que la variable es adecuada debido a que la población habitante en el área de influencia del proyecto se verá indirectamente beneficiada por la mayor accesibilidad a servicios de salud, educación, conocimiento y acceso a mercados.

3. Comercio regional (x_3)

Este criterio mide el aporte del proyecto a la integración regional a través de la contribución del proyecto al comercio intrarregional. Se medirá de manera cualitativa tomando en cuenta los flujos de comercio intrarregional, así como también si el proyecto conecta o es parte de uno o más corredores de integración económica. En base a estos criterios se asignará los valores establecidos en *la escala fundamental de número absolutos o Tabla 1*.

4. Ambiental (x_4)

Este criterio mide la sostenibilidad del proyecto con lo cual se evalúa si el proyecto es sostenible ambiental y socialmente considerando que gracias al proyecto se aplicarán prácticas sostenibles a fin de definir si existe impacto ambiental. Se asignará los valores establecidos en *la escala fundamental de número absolutos o Tabla 1*, por lo cual es una variable cualitativa.

5. Equidad (x_5)

Este criterio evalúa la potencialidad del proyecto de incidir positivamente en zonas y sectores en poblaciones en situación de pobreza y pobreza extrema, así como también, la capacidad de promover el desarrollo humano direccionado a los segmentos sociales de rentas más bajas. La variable que se utilizará para cuantificar esta variable es el residuo del Índice de Desarrollo

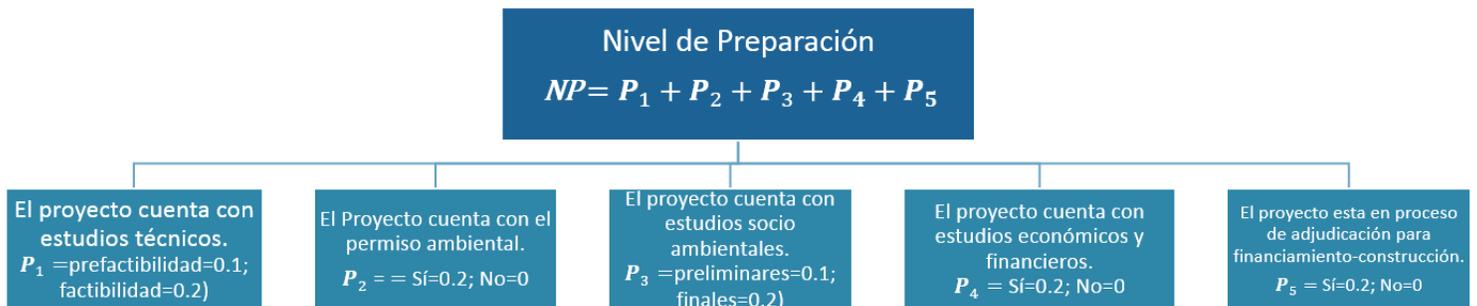
⁴ Una Zona de Actividad Logística o Conglomerado Logístico se define como un área integrada a las infraestructuras de transporte cuyo objetivo es brindar servicios de almacenaje, distribución y manejo efectivo de la carga.

Humano (IDH). Cuando existen dos o más regiones involucradas, se calcula un promedio de los índices de las municipalidades del proyecto.

4.1.2. Dimensión Nivel de Preparación:

A fin de tomar la decisión de priorización de proyectos para el país A, se establece la Dimensión de Nivel de Preparación (NP) a fin de determinar el estado de los proyectos y poder decidir el nivel de intervención realizando un análisis agregado de las dos dimensiones relevantes. El esquema para la dimensión de nivel de preparación es el siguiente:

Figura 6.



Criterios y subcriterios para la dimensión de nivel de preparación.

Fuente: Elaboración Propia

A fin de computar el índice de la dimensión de Nivel de Preparación, se establecen los siguientes criterios:

1. Estudios Técnicos (P_1)

Si el proyecto cuenta con estudios técnicos a nivel de prefactibilidad obtendrá un puntaje de 0.1 y si cuenta con estudios técnicos a nivel de factibilidad obtendrá 0.2.

2. Permiso Ambiental (P_2)

Si el proyecto cuenta con el permiso ambiental obtendrá un puntaje de 0.2 mientras que si no se cuenta con el permiso ambiental obtendrá 0.

3. Estudios Socioambientales (P_3)

Si el proyecto cuenta con estudios socioambientales a nivel de preliminares obtendrá un puntaje de 0.1 y si cuenta con estudios socioambientales finales obtendrá 0.2.

4. Estudios económicos y financieros (P_4)

Si el proyecto cuenta con estudios económicos y financieros obtendrá un puntaje de 0.2 y si no cuenta con dichos estudios obtendrá un puntaje de 0.

5. Proceso de Adjudicación (P_5)

Si el proyecto se encuentra en proceso de adjudicación para financiamiento y construcción, este obtendrá un puntaje de 0.2, mientras que si no se encuentra en proceso de adjudicación obtendrá un puntaje de 0.

4.2 Resultados para los proyectos de infraestructura caso país A.

Producto de un ejercicio iterativo de consulta con especialistas, así como también tomando en consideración las principales prioridades de los actores relevantes en donde los proyectos se implementarán, se derivaron las puntuaciones de los criterios a evaluar siguiendo los pasos descritos por la metodología. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 16. Pesos relativos de los criterios derivados usando la metodología PAJ para los proyectos.

Criterio	Definición	Pesos Relativo
x_1	Impacto sobre el Crecimiento y el Comercio	0.33
$x_{1.1}$	Número de beneficiarios directos. Usuarios del proyecto	0.66
$x_{1.2}$	Ahorro de tiempo (%) (Reducción del tiempo de viaje)	0.33
x_2	Generación de empleo y mejora de la calidad de vida	0.25
x_3	Facilita el comercio intrarregional	0.11
x_4	Reducción GEI	0.11
x_5	Equidad	0.18

Fuente: Elaboración Propia

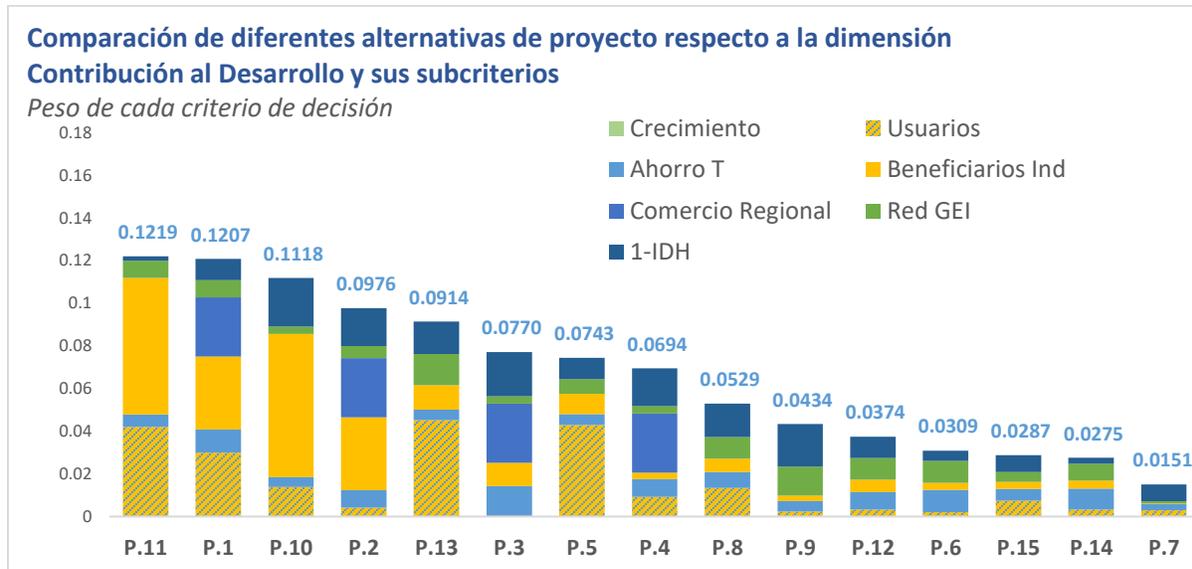
Como se puede observar, los criterios; *Impacto sobre el Crecimiento y el Comercio* (x_1), *Generación de empleo y mejora de la calidad de vida* (x_2) y *Equidad* (x_5) son los que mayor peso representan en la ecuación agregada que define la dimensión de Contribución al Desarrollo. Estos tres criterios suman el 76% de la ponderación total del índice, con lo cual es importante resaltar que la puntuación final en la dimensión de contribución al desarrollo va a estar altamente influenciada por la ponderación de estos tres criterios.

4.2.1 Cuantificación de las alternativas de proyectos

Por medio de comparaciones grupales de elementos entre sí, la cual no da paso a problemas de inconsistencia relacionado a la no transitividad, es posible establecer un ranking de prioridades para las diferentes alternativas. El ranking establecido representa de mayor a menor la decisión a adoptar.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para 15 proyectos hipotéticos evaluados usando la herramienta de Excel automática:

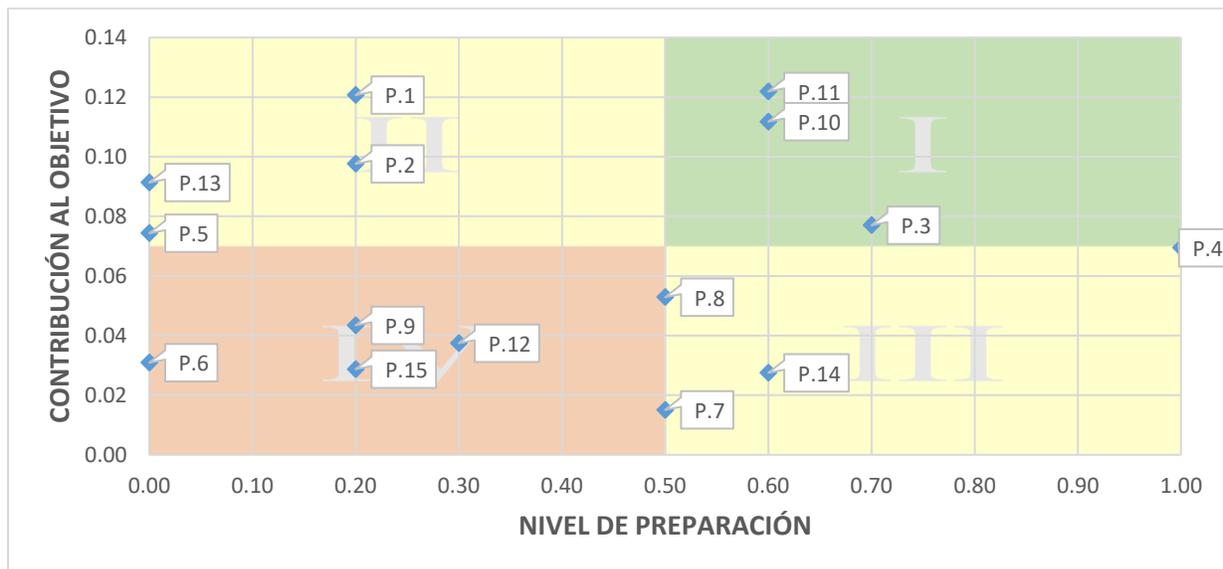
Figura 7.



Fuente: Ejercicio PAJ en planilla automática de Excel.

Puntuación para la dimensión de Contribución al Desarrollo Sostenible

Figura 8.



Mapa de proyectos de los resultados de las dimensiones de Contribución al Desarrollo y Nivel de Preparación.

Fuente: Ejercicio PAJ en planilla automática de Excel.

Desde el punto de vista de la Dimensión Contribución al Desarrollo, se obtiene que el proyecto con mejor puntuación es el Proyecto 11, este proyecto posee la mayor cantidad de beneficiarios directos e indirectos, además se puede apreciar en el gráfico de barras de la Figura 7 que este proyecto presenta los mejores resultados en la mayoría de los criterios a excepción del subcriterio ahorro de tiempo e IDH, para el cual se observa que el proyecto Proyecto 10 es el que obtiene el mejor puntaje. Le sigue en orden de prioridad el Proyecto 1, para el cual su puntuación está fundamentalmente explicada por la cantidad de beneficiarios directo que genera y por el comercio regional.

El Proyecto 10 obtiene el tercer lugar y su puntaje responde a los beneficiarios indirectos del proyecto e igualmente a los criterios de equidad y beneficiarios directos. Finalmente, se puede observar el puntaje de prioridad del Proyecto 2 esta altamente influenciada por el criterio de equidad definido por el residuo del Índice de Desarrollo Humano, de lo cual se puede inferir que este proyecto se localiza en la región con mayores niveles de pobreza que el resto de los proyectos, así como también comercio regional.

En relación a la Dimensión de Nivel de Preparación, se observa en la Figura 8 que los proyectos que se encuentran en una etapa más avanzada para su implementación son Proyecto 4 y Proyecto 3, mientras que los proyectos que se encuentran en los cuadrantes II y IV indican bajo nivel de preparación. Al analizar los resultados de las dos dimensiones de manera agregada, se observa que de manera general los mejores proyectos son los que logran conjugar una alta contribución al desarrollo como un alto nivel de preparación, como es el caso de los proyectos 11, 10 y 3. Estos proyectos al encontrarse en el Cuadrante I tendrían prioridad y serían seleccionados para ser implementados en el corto plazo debido a que son los que pueden presentar resultados positivos en el futuro inmediato.

Por otra parte, los proyectos con los peores puntajes tienen características opuestas, es decir, presentan al momento de la evaluación una baja contribución al desarrollo y un bajo nivel de preparación, como lo son los proyectos 6, 9, 12 y 15. Como se mencionó anteriormente, la prioridad estratégica para estos proyectos podría ser impulsar los estudios de prefactibilidad a fin de analizar en mayor profundidad su verdadera contribución al desarrollo.

Cabe resaltar que la decisión final de asignación de recursos para apoyar el desarrollo de alguno de los proyectos analizados, podría estar influenciado por el horizonte temporal en el cual se quisieran obtener los impactos deseados. En caso que se deseen resultados e impactos inmediatos, habría una decisión por impulsar los proyectos que se encuentran en los cuadrantes I y II, los cuales son los que presentan un alto nivel de preparación, especialmente para los proyectos 4 y 3. Desde el punto de vista del tomador de decisiones, los mapas derivados del ejercicio PAJ mostrados anteriormente, presentan un amplio panorama de información la cual puede ser analizada desde múltiples puntos de vista para la toma de decisiones. En este apartado hemos ofrecido un análisis simplificado de los resultados.

V. Conclusiones

Los procesos de toma de decisiones que implican múltiples dimensiones de análisis suelen ser difíciles de estructurar eficientemente, sobre todo en países en desarrollo donde la disponibilidad de información es limitada. En este contexto, los indicadores compuestos que resumen una amplia y compleja cantidad de información son herramientas ideales para facilitar la asignación de recursos y planificar acciones de corto y mediano plazo.

Debido a lo anterior, tener un marco teórico de referencia para la priorización de proyectos que sea flexible se considera de fundamental importancia. En este documento se desarrolló una estrategia de priorización de proyectos basado fundamentalmente en el Proceso de Análisis Jerárquico para la construcción de una priorización adecuada de proyectos de infraestructura en países en desarrollo, donde la disponibilidad de información es escasa. Este enfoque se considera apropiado debido a su simpleza y adaptabilidad a cualquier tipo de plataforma como por ejemplo en Excel.

Como parte de la construcción de la metodología propuesta se ha contribuido a simplificar el proceso de evaluación de los proyectos. Hemos resuelto el problema de la eventual inconsistencia que puede ocultar una comparación de “a pares”, mediante la incorporación de un ecualizador visual que permite comparar simultáneamente todos los criterios bajo un objetivo; o todos los subcriterios bajo un criterio padre; o todas las alternativas bajo un determinado criterio. Luego, del ecualizador surgen de inmediato los pesos o los aportes de cada alternativa, según sea el caso, de forma siempre consistente, lo cual representa un paso más allá de lo propuesto por T. Saaty, y que fue deducido a partir de las primeras prácticas experimentales con la metodología.

El aporte anterior es importante porque elimina por completo la inconsistencia de las matrices de comparación de criterios, subcriterios y alternativas, ya que, si se parte de un análisis grupal, las matrices siempre serán consistente porque no existe oportunidad de contradicción al evaluar todos los criterios simultáneamente. Esto da paso a que no hay necesidad de calcular el indicador inconsistencia propuesto en el marco metodológico PAJ ya que la consistencia de la matriz está asegurada. Igualmente, se mantienen la flexibilidad de disponibilidad de información a ingresar al modelo debido a la posibilidad de evaluar alternativas bajo criterios no cuantificables.

El modelo de priorización de proyectos desarrollado destaca por su simplicidad, sin embargo, es destacable el hecho de que cuando las variables no son cuantificables y se debe asignar valores, se debe buscar el consenso de todos los grupos de interés. Cuando existen evidencias objetivas, alcanzar dicho consenso y la definición de los pesos relativo resulta un ejercicio sencillo para todos los involucrados. No obstante, las principales dificultades conciernen a la heterogeneidad de los grupos de interés, cuyos juicios no siempre son objetivos y con los cuales es difícil alcanzar un acuerdo en los estándares necesarios para aplicar la metodología, para lo cual, la herramienta permite trabajar en ese sentido.

Para la aplicación, el evaluador debe llegar a un consenso de cuál es el perfil más cercano a la realidad percibida por los grupos de interés. Es recomendable que, aunque falte información se establezca una consulta con las comunidades, para ver investigar qué es lo más importante para la

comunidad a través de una consulta ciudadana (directa o indirecta), lo cual asegura la calidad de la evaluación y es importante para definir criterios. Este acercamiento es recomendable, porque el involucramiento de los actores adecuados permitiría recabar información de mejor calidad para la aplicación de la metodología, así como mayor éxito a la hora de implementar los proyectos seleccionados siendo que estos contarían con la evaluación de los implicados.

VI. Referencias

- Bacallado, S., (September, 2018) *Notes on Statistics 202: Data mining and Analysis, Lecture: Principal Component Analysis (PCA)*, Stanford University.
- Bernard, R. & Slowinski, R. *Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method*. EURO Journal on Decision Processes, 2013, 1, pp.69-97. ff10.1007/s40070-013-0004-7ff. ffhal-00874292f
- González Turrubiates, D., Rodríguez, A. & Haces, M., *Aplicación del proceso analítico jerárquico en la gestión del agua en la subcuenca del río Guayalejo-Tamesí, Programa de Manejo Integral del Sistema Lagunario del Río Tamesí*, Modalidad Ponencia.
- García, J. (2017), *Metodología MultiCriterio de Priorización Jerárquica de Proyectos basado en los "Procesos de Análisis Jerárquico" desarrollado por el Prof. Thomas Saaty*, Presentación de Power Point, Santiago de Chile.
- Keeney, Ralph L. & Raiffa, H., (1976) *Decision analysis with multiple conflicting objectives preferences and value tradeoffs*, Wiley, New York.
- Marcelo, D., Mandri-Perrott, C., House, S., & Schwartz, J. (2016). *An Alternative Approach to Project Selection: The Infrastructure Prioritization Framework*. World Bank Working Paper, forthcoming.
- Noble, B. F. (2004). *A multi-criteria analysis of Canadian electricity supply futures*. *The Canadian Geographer*. 48. No.1. Pp.11-28.
- Pacheco, J.F. & Contreras, E. (2008) *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), CEPAL - Serie Manuales No 58, Santiago de Chile.
- Petrie, M. (2010). *Promoting public investment efficiency: A synthesis of country experiences*. Paper presented at World Bank Preparatory Workshop, Promoting Public Investment Efficiency, Global Lessons and Resources of Strengthening World Bank Support for Client Countries.
- Saaty, T. & Vargas, L. (1994): *Decision making in economic, political, social and technological environments. With the analytic hierarchy process*. *The analytic hierarchy process vol. VII*. RWS Publications. USA.
- Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. United States of America. RWS Publications, pp. 32-33.
- Serebrisky, T., Suárez-Alemán, A., Margot, D. & Ramirez, M., *Financiamiento de la infraestructura en América Latina y el Caribe: ¿Cómo, cuánto y quién?*, Noviembre, 2015, Monografía del BID; 377
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision-making methods: A comparative study*. Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- World Bank and International Monetary Fund Boards of Governors (2015), *From billions to trillions: transforming development finance post-2015 financing for development: multilateral development finance*, Washington D.C.

Apéndice I

Procedimiento del cálculo de la inconsistencia global de una matriz

El AHP mide la inconsistencia global de los juicios mediante la proporción de consistencia, que es el resultado de la relación entre el Índice de Consistencia y el Índice Aleatorio. El Índice de Consistencia es una medida de la desviación de consistencia de la matriz de comparaciones a pares y el Índice Aleatorio es el índice de consistencia de una matriz recíproca aleatoria, con recíprocos forzados, del mismo rango de escala de 1 hasta 9.

Tabla 3. Índice promedio de consistencia aleatorio (IR)

<i>N</i>	Índice de consistencia aleatorio
3	0.52
4	0.89
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.40
9	1.45
10	1.49

Fuente: Saaty, 1994.

Para calcular el índice de consistencia primero se determina el máximo valor propio de cada una de las matrices y está definido por la siguiente expresión:

$$\lambda_{Max} = V * B$$

Donde:

λ : es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

V: es el vector de prioridades o vectores propios, que ya obtuvimos, de la matriz de comparaciones.

B: es una matriz fila, correspondiente a la suma de los elementos de cada columna de la matriz de comparaciones a pares. Es una matriz de $m \times 1$, donde m es el número de columnas de la matriz de comparaciones.

Cuando el máximo valor propio es igual al rango de la matriz de comparaciones, la matriz es completamente consistente. En caso donde pueda existir inconsistencia en los juicios, el valor propio tiende a ser mayor. Con este resultado se puede calcular el Indicador de Consistencia el cual está determinado por:

$$\mu = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde:

μ : Indicador de Inconsistencia

λ : es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

n: es el rango de la matriz que se está analizando

Para finalmente obtener la Relación de Consistencia, necesitamos antes el Índice Aleatorio. Para esto existe una tabla elaborada por Saaty que muestra las Razones de Inconsistencia (RI) para una serie de matrices aleatorias. Tomando dichos valores de la tabla la Razón de Consistencia se define como:

$$RC = \frac{\mu}{RI(n)} \leq 10\%$$

Donde:

μ : Indicador de Inconsistencia

RI(n): Inconsistencia aleatoria (Random Inconsistency) esperada de una matriz comparativa de orden n. Es tomado directamente de la tabla de inconsistencia.

Si la razón de consistencia RC es menor o igual que 10%, se considera que la matriz es aceptable.

Apéndice II

Guía de Uso de la herramienta automática en Excel para la aplicación de Procesos de Análisis Jerárquico (PAJ) para la priorización de proyectos.

1. En la hoja “Proyectos” listar cada uno los proyectos a evaluar e introducir los datos correspondientes al nivel de preparación seleccionando de las listas desplegables.

Borrar Tabla		Tabla Resumen de Proyectos a Ponderar (Habilite las filas que va a utilizar y asigne un nombre corto y descripción a cada proyecto)				Responder en cada celda según listas desplegables									
						Nivel de Preparación			Rentabilidad						
	Habilitar = 1	Nombre Corto	Nombre Largo	Descripción proyecto	Estudios Técnicos	Estudios Socioambientales	Permiso Ambiental	Estudios Económicos y Financieros	En Proceso de Adjudicación	VAN(F)>0	VAN(E)>0	Alerta rentabilidad	Alerta Permiso Ambiental	Valoración Preparación (Maximo 1)	
Proyecto 1	1	P.1	Proyecto 1	Autopista interestatal	Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na		0.000	
Proyecto 2	1	P.2	Proyecto 2	Mejoras en Aeropuerto intencional	Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na		0.000	
Proyecto 3	1	P.3	Proyecto 3	Autopista metropolitana	Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na		0.000	
Proyecto 4	1	P.4	Proyecto 4	Nuevo puente en el norte del país	Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na		0.000	
Proyecto 5	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 6	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 7	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 8	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 9	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 10	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 11	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 12	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 13	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 14	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
Proyecto 15	0				Sin Estudios	Sin estudio	No	No	No iniciado	No	No	na	na	0.000	
		Celdas Requeridas													
		Celdas No Requeridas													

- 1.1 Iniciando en la columna “Habilitar=1”, escriba 1 en cada una de las filas en las que va a incluir un proyecto. La herramienta permite al usuario incluir hasta un máximo de 15 proyectos; aquellas filas en las que no se incluyen proyectos deben permanecer con un valor 0 en esta columna.
- 1.2 En la columna “Nombre Corto” escriba para cada uno de los proyectos habilitados, el nombre abreviado del proyecto; este será el nombre con el cual se presentará el proyecto en las gráficas de resultados que genera la herramienta así como en otras hojas de entrada de datos (i.e. “Estructura Criterios” y “ValorProyectos”).
- 1.3 En la columna “Nombre Largo” escriba para cada uno de los proyectos habilitados, el nombre por el cual se conoce el proyecto.
- 1.4 En la columna “Descripción proyecto” escriba para cada uno de los proyectos habilitados, una breve descripción del proyecto. Esta información es de utilidad para identificar el proyecto de manera clara y completa.

2.5 En la columna “En proceso de adjudicación”, ubíquese en la celda correspondiente al proyecto para el que va a hacer la entrada de datos. Una vez ahí, se activará una flecha del lado derecho de la celda y al presionar esa flecha se desplegará una lista de opciones. Seleccione la que mejor describe el estado de avance del proyecto a la fecha de análisis:

- No iniciado
- En proceso

2.6 Si para alguno de los proyectos se estableció que **SI** posee “Estudios económicos y financieros”, entonces la sección de “Rentabilidad” aparecerá como celda requerida (en color naranja). Para llenar el requerimiento de información de la Sección “Rentabilidad”; en la columna “VAN(F)>0”, ubíquese en la celda correspondiente al proyecto para el que va a hacer la entrada de datos. Una vez ahí, se activará una flecha del lado derecho de la celda y al presionar esa flecha se desplegará una lista de opciones. De la lista desplegable, seleccione **SI** para establecer que el Valor Actual Neto Financiero del proyecto es mayor que cero o **NO** para establecer que el Valor Actual Neto Financiero del proyecto es menor que cero.

2.7 Repetir el procedimiento del numeral 2.6 para la columna “VAN(E)>0”, seleccionando de la lista desplegable la opción de **SI** para establecer que el Valor Actual Neto Económico del proyecto es mayor que cero, o **NO** para establecer que el Valor Actual Neto Económico del proyecto es menor que cero.

3. En la pestaña “Estructura Criterios”, definir la estructura de criterios y subcriterios que se aplicará para la evaluación y priorización de los proyectos.

ESTRUCTURA DE CRITERIOS Y SUBCRITERIOS						
Tipo de Proyectos: Transporte y Logística		Celdas Requeridas			Borrar Tabla	
Objetivo: Contribución al Desarrollo		Celdas No Requeridas				
Habilitar = 1 Inhabilitar = 0	NOMENCLATURA	Criterio Abreviado	Descripción Criterio/Sub-criterio	TIPO DE DATO	Unidad de Medida	VALORACIÓN
1	Criterio 1	Crecimiento	Impacto Sobre el Crecimiento y el Comercio	na		
1	Subcriterio 1.1	Usuarios	Número de beneficiarios directos. Usuarios del proyecto.	Numérico Directo (mayor es mejor)	Personas	Los beneficiarios son los usuarios que transitan (en caso de rehabilitación) o transitarán en la vía (en caso de nuevas vías) ligado al incremento del tráfico debido al proyecto.
1	Subcriterio 1.2	Ahorro T	Ahorro de tiempo (%)	Numérico Directo (mayor es mejor)	Cambio Porcentual	Medición en base a la reducción del tiempo de viaje ocasionada por la construcción de la carretera.
0	Subcriterio 1.3			na		
0	Subcriterio 1.4			na		
0	Subcriterio 1.5			na		
0	Subcriterio 1.6			na		
0	Subcriterio 1.7			na		
1	Criterio 2	Beneficiarios Ind	Número de beneficiarios indirectos	Numérico Directo (mayor es mejor)	Personas	Población habitante en las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto
0	Subcriterio 2.1			na		
0	Subcriterio 2.2			na		
0	Subcriterio 2.3			na		
0	Subcriterio 2.4			na		
0	Subcriterio 2.5			na		
0	Subcriterio 2.6			na		
0	Subcriterio 2.7			na		
1	Criterio 3	Comercio Regional	Aporte al comercio intra-regional	Cualitativo		El proyecto conecta o es parte de un corredores de integración o cumple con alguno de los criterios de integración del Banco.
0	Subcriterio 3.1			na		
0	Subcriterio 3.2			na		
0	Subcriterio 3.3			na		
0	Subcriterio 3.4			na		
0	Subcriterio 3.5			na		
0	Subcriterio 3.6			na		
0	Subcriterio 3.7			na		

- 3.1 Iniciando en la columna “Habilitar=1 Inhabilitar=0”, escriba 1 para activar un criterio y seguidamente proceda a llenar la información requerida en las columnas siguientes del criterio activado relacionada al “Nombre Corto, la “Descripción”, el “Tipo de Dato”, “Unidad de Medida” y “Valoración”.
- 3.2 En la columna “Criterio abreviado” escriba el nombre abreviado del criterio asociado a la dimensión que se desea medir; este sera el nombre con el que aparecerá el criterio en las gráficas de resultados.
- 3.3 En la columna “Descripcion Criterio/Sub-criterio” escriba el criterio que se va a aplicar en la comparacion de los proyectos para determinar la contribucion relativa al desarrollo de cada uno de ellos.
- 3.4 En la columna “Tipo de Dato”, ubíquese en la celda correspondiente al proyecto para el que va a hacer la entrada de datos. Una vez ahí, se activara una flecha del lado derecho de la celda y al presionar esa flecha se desplegara una lista de opciones. Seleccione la que mejor describe el tipo de dato que proporcionará cada alternativa para valorar este criterio o subcriterio específico:
 - Numerico directo (Valor que cuanto mayor indica un mayor aporte)
 - Cualitativo (valoración no numérica)
 - NA: No aplica
- 3.5 En la columna “Unidad de Medida” escribir la unidad que corresponde al criterio, por ejemplo personas, vehículos, cambio porcentual, etc.
- 3.6 En la columna “Valoracion” describa la forma como se entiende y valora el criterio o cada sub-criterio en la comparacion de los proyectos.
- 3.7 En caso de que un criterio posea uno o varios subcriterios, proceder a activar la celda “Habilitar=1 Inhabilitar=0” que corresponde al Subcriterio que se desea incluir y completar la información requerida del mismo de la misma manera que se completó para los criterios.

NOTA:

- La herramienta permite al usuario incluir hasta un maximo de 7 Criterios y para cada Criterio permite definir un maximo de 7 sub-criterios; aquellas filas en las que no se incluyen criterios ni sub-criterios deben permanecer con un valor 0 en esta columna.
- Si en la columna “Tipo de dato”, seleccionó la opcion “Numerico directo” sera necesario establecer los valores numericos para cada proyecto en la hoja “Valor proyectos”.

4. Asignar puntuaciones a los criterios y subcriterios previamente activados en la pestaña “Estructura Criterios”

- 4.1 En la hoja “ComparaCrit”, presione la flecha que mira hacia arriba para aumentar puntaje o la flecha que mira hacia abajo para disminuir el puntaje del criterio a calibrar y realizar el mismo procedimiento para los Subcriterios activados en la pestaña “Estructura Criterios”. Si no se desea usar las flechas para calibrar los criterios, alternativamente se puede situar en la fila No. 17 a partir

5. En la Pestaña “Valor proyectos” ingresar en las celdas requeridas, los valores para cada uno de los criterios, subcriterios y proyectos.

5.1 Para los criterios y subcriterios que previamente se hayan definido como Numérico Directo, ingresar en las **Cedas Requeridas** (naranja) el valor numérico que le corresponde a cada proyecto. Notar que, si existen los subcriterios de algún criterio, este no requerirá datos, sólo sus subcriterios lo requieren.

Análisis Comparación Cualitativa		Celda Requerida	Resetear Valores	Tabla de Indicadores Relevantes para la Ponderación de hasta 15 Proyectos														
Sólo llenar datos en caso que "Tipo Dato Requerido" difiera de "na". Si se requiere ayuda en ponderación cualitativa, ponga el cursor sobre el Criterio o SubCriterio correspondiente, primera columna, y pulse botón "Análisis Comparativo". Si existen los subcriterios de algún criterio, este criterio no requerirá datos, sólo sus subcriterios respectivos lo requieren.				Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10	Proyecto 11	Proyecto 12	Proyecto 13	Proyecto 14	Proyecto 15
Criterio Abreviado	Tipo de Dato Requerido	Unidad de Medida	P.1	P.2	P.3	P.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Criterio 1	Crecimiento	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.1	Usuarios	Numérico Directo (mayor es mejor)	Personas	50,000.00	6,849.30	411.00	15,483.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.2	Ahorro T	Numérico Directo (mayor es mejor)	Cambio porcentual	0.66	0.50	0.85	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.3	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.4	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.5	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.6	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 1.7	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Criterio 2	Beneficiarios Ind	Numérico Directo (mayor es mejor)	Personas	3,200,000.00	3,200,000.00	1,019,719.00	285,900.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.1	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.2	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.3	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.4	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.5	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.6	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 2.7	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Criterio 3	Comercio Regional	Cualitativo	-	0.25	0.25	0.25	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.1	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.2	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.3	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.4	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.5	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.6	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 3.7	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Criterio 4	Red GEI	Cualitativo	-	0.45	0.07	0.15	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.1	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.2	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.3	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.4	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.5	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.6	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subcriterio 4.7	-	na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Criterio 5	1-IDH	Numérico Directo (mayor es mejor)	-	0.39	0.39	0.55	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5.2 Para los criterios y subcriterios previamente definidos como cualitativos, ponga el cursor sobre el Criterio o Subcriterio a ingresar datos en cualquiera de sus columnas, y pulse el botón **Análisis Comparación Cualitativos** para proceder a realizar la evaluación cualitativa del criterio definido. Este comando nos sitúa directamente en la hoja “CualiProy”.

6. Realizar el **Análisis de Comparación Cualitativa** para los criterios y subcriterios de carácter cualitativo en la hoja “CualiProy”

6.1 Una vez que se procedió a dar click al botón **Análisis Comparación Cualitativa** descrito en el numeral 5.2, la herramienta lo llevará a la pestaña CualiProy donde deberá proceder a asignar los puntajes relativos de cada uno de los proyectos para el criterio seleccionado. Para asignar puntajes a los proyectos, presione la flecha que mira hacia arriba para aumentar puntaje o la flecha que mira hacia abajo para disminuir el puntaje de cada uno de los proyectos. La escala disponible es del 1 al 100.

6.2 Cuando haya finalizado de asignar puntajes, haga click en el botón, **Actualizar Ponderaciones en Tabla de Indicadores**. Este botón lo enviará a la pestaña “Valor Proyectos” donde podrá continuar el proceso de Análisis Comparativo Cualitativo para todos los criterios y subcriterios que sean de carácter cualitativo.

Actualizar Ponderaciones en Tabla de Indicadores

Ingreso Manual (1-100%)>	82	13	50	77												
Más Influencia>	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Menos Influencia>	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7	Proyecto 8	Proyecto 9	Proyecto 10	Proyecto 11	Proyecto 12	Proyecto 13	Proyecto 14	Proyecto 15	
	P.1	P.2	P.3	P.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peso Relativo	0.3694	0.0586	0.2252	0.3468	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Asigne con las flechas sobre cada proyecto, una magnitud respecto del grado de influencia relativo que tienen en el:

(Al terminar, presione el botón "Actualizar Ponderaciones en Tabla de Indicadores")

7. Visualización de los resultados

Ir a la pestaña de “Resultados”. En esta sección se muestran los resultados finales del ejercicio de priorización de proyectos. En la tabla se presentan los puntajes obtenidos para las dimensiones analizadas para cada uno de los proyectos. Los puntajes se muestran en una escala de 0 a 1, en el cual el 1 indica el mejor puntaje.

El gráfico de barras presentado ordena los proyectos de mayor a menos según el puntaje alcanzado en la dimensión objetivo, dicho gráfico también muestra la contribución de cada uno de los criterios medido al puntaje final del proyecto. Esto es útil para poder entender los aspectos que contribuyen al puntaje de cada proyecto.

Proyecto	P.1	P.2	P.4	P.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rentabilidad	na	na			#N/A										
Permiso Ambiental					#N/A										
Contribución al Objetivo	0.407	0.227	0.192	0.174	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nivel Preparación	0.200	0.200	0.900	0.700	#N/A										

Ajusta Escala Gráfico

Finalmente se presenta un gráfico de dispersión (x,y) en el cual se grafican de manera conjunta las dos dimensiones objeto de análisis. Ayuda a definir en qué dimensión los proyectos se encuentran con mejor desempeño, así como también permite la comparación entre ellos en el diagrama de dispersión.

