

## **Evaluación multicriterio y su aplicabilidad en la evaluación de proyectos públicos**

**Sara Arancibia Carvajal**  
**Eduardo Contreras Villablanca**

### **Introducción**

La planificación de inversiones públicas representa un problema caracterizado por la amplia variedad de consideraciones y factores que deben tenerse en cuenta en la ejecución de los estudios o la construcción de cada una de las posibles obras. El problema básico que se debe enfrentar es la asignación recursos económicos, generalmente escasos, a una diversidad de posibilidades de acción para obtener los objetivos deseados.

La evaluación tradicional consiste de una medición costo-beneficio, tomando el criterio monetario como principal referente. Sin embargo, se debe considerar que las decisiones de inversión pública pueden involucrar distintas dimensiones y variables, que pueden ser de distinta naturaleza, por ejemplo cuantitativas o cualitativas, tangibles o intangibles. Esto es particularmente importante en decisiones que involucran recursos públicos, pues al buscar el bienestar de la sociedad en su conjunto se requiere de una evaluación multidimensional, incorporando la mirada de distintos actores, objetivos y variables, que incluso podrían estar en diferentes escalas de medida (la visión anterior se aleja explícitamente del paradigma de tomar decisiones exclusivamente en base al análisis costo-beneficio o costo-eficiencia).

Para hacer frente a esta problemática se puede utilizar la evaluación multicriterio, que permite combinar distintas dimensiones, objetivos, actores y escalas que se hallan envueltos en el proceso de toma de decisiones, sin sacrificar la calidad, confiabilidad y consenso en los resultados. Una de sus características principales de esta evaluación es la diversidad de factores que es posible integrar en el proceso.

Existen distintas metodologías de este tipo, que se diferencian en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad. Una de las metodologías más utilizadas, con fundamentos matemáticos, es el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP).

En Chile se han desarrollado diversas aplicaciones en el ámbito de proyectos en obras hidráulicas, proyectos de educación, infraestructura deportiva, centros de salud familiar y planes de obras públicas, entre otros. En este artículo se abordan fundamentalmente tres temas: porqué el AHP ha sido el método multicriterio más aplicado en Chile, luego se describe brevemente el método y finalmente se presentan algunas de las aplicaciones posibles dentro del ciclo de un proyecto.

### **¿Por qué AHP?**

La “teoría de evaluación multicriterio” comprende en realidad un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión tanto privada como pública tales como: análisis de posicionamiento de marcas en el mercado, medición de percepciones de clientes y selección de tecnologías.

El denominador común de todos estos problemas es el reconocimiento explícito de la complejidad en los procesos de toma de decisiones individuales y más aún a nivel grupal (como es el caso de la evaluación social de proyectos).

Si se quiere evaluar diferentes alternativas  $f(x)$  bajo una serie de criterios ( $x$ ), donde más es mejor en cada uno de los criterios, el problema se puede expresar como:

$$\max q = \begin{bmatrix} f_1(x) \\ \vdots \\ f_n(x) \end{bmatrix}$$

*sujeto a*

$q \in Q$

Donde  $q$  es un vector de funciones objetivos o criterios de evaluación,  $x$  son las alternativas a evaluar y  $Q$  es el espacio de soluciones factibles.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de la capacidad de diversos métodos multicriterio para manejar distintas reglas de decisión y tipo de datos.

En nuestra experiencia en el sector público, la herramienta de priorización debe ser capaz de incorporar las siguientes características del problema que se enfrenta:

- Incorporar criterios de evaluación de diversa naturaleza (información mixta, de tipo cuantitativa, cualitativa y en escalas).
- Priorizar proyectos a nivel nacional, lo que implica potencialmente un gran número de proyectos.
- Ser compensatorios, vale decir, que un mal desempeño en un criterio pueda ser compensado con un buen desempeño en otro.
- Ser simple en su formulación y operatoria.
- Incorporar las preferencias de los tomadores de decisión.

Como se puede ver en la Tabla 1, si se buscan métodos compensatorios y que la vez permitan trabajar con variables mixtas, eso nos lleva a MAUT y AHP. Por otro lado, aquellos métodos que requieren definir formas funcionales para la evaluación de las alternativas (como MAUT) o la agregación de criterios, podrían afectar negativamente la aplicabilidad de la herramienta, en términos de su nivel de transparencia y de aceptación de los supuestos que dicha aplicación requeriría.

Finalmente, debe considerarse también que los proyectos públicos a evaluar se presentan en distintas etapas del ciclo de vida, diversa ubicación, tipología, etc.- no es simple ni intuitivo definir “distancias” entre alternativas ni respecto de algún punto ideal ni uno anti-ideal, con el cual compararlos; por lo que no se recomienda la utilización de métodos por distancia (como CRITIC o TOPSIS).

Dicho lo anterior se recomienda la utilización de un Proceso Analítico Jerárquico (AHP), método ampliamente conocido y aceptado en los grupos de interés, de rápida aplicación y simple interpretación. Pacheco y Contreras (2008).

### Descripción del método AHP

El Proceso Analítico Jerárquico de Saaty (Analytic Hierarchy Process, AHP) es una metodología de apoyo a la toma de decisiones que se caracteriza por integrar diversidad de factores en el proceso de decisión, y la forma en que consigue transformar las mediciones y percepciones en una escala única, denominada escala de prioridades, permitiendo comparar distintos elementos y establecer ordenes de

prioridad. Es especialmente útil para la asignación de prioridades a los criterios que conforman la estructura jerárquica del modelo, así como para la selección y la priorización de alternativas y para el logro de consensos entre un equipo de expertos.

Se basa en la aplicación de tres principios; la construcción de una estructura jerárquica donde se ordenan los criterios a considerar en el modelo, el establecimiento de prioridades en base a matrices de comparaciones a pares, usando la escala de Saaty donde se sintetizan juicios de un equipo de expertos y por último la verificación de la consistencia de esos juicios. Se fundamenta en las ciencias exactas donde se debe verificar el cumplimiento de cuatro axiomas, a saber Independencia, Homogeneidad, Reciprocidad y Cumplimiento de las expectativas. Saaty (1997).

Cabe señalar que el método AHP requiere definir el objetivo general del proceso de decisión junto con los actores involucrados en él, quienes deben ser cuidadosamente seleccionados ya que de ellos depende la representatividad del resultado del modelo. La estructura jerárquica del modelo representa todos los criterios que el equipo de expertos considera relevante para el cumplimiento del objetivo. Una vez construida la estructura jerárquica, se continúa con el proceso de cálculo de las prioridades para cada uno de sus elementos constitutivos. Este proceso se realiza por medio de comparaciones entre pares de elementos con respecto al elemento inmediatamente superior de la estructura, formando matrices mediante el uso de la escala de Saaty para el ingreso de los juicios de los expertos en lo que respecta a la intensidad de la preferencia de un elemento por sobre otro, para luego realizar una síntesis obteniendo un vector de prioridades o de importancia relativa –o pesos– de los elementos, además del índice de consistencia para determinar la coherencia de los juicios. Saaty (1997).

En el cálculo de las prioridades para cada nivel de la estructura jerárquica se debe tener presente que existen prioridades locales y globales. Las prioridades locales se derivan de las opiniones con respecto a un elemento único, obtenidas en el vector de prioridades. La suma de estas prioridades suma 1 si se expresan como proporción y suma 100% si se expresan como porcentaje. La prioridad global de un elemento se calcula multiplicando su prioridad local por la prioridad global del elemento inmediatamente superior. En otras palabras, las prioridades globales muestran cómo un elemento distribuye su peso sobre los elementos que se desprenden de él en la estructura.

El detalle de esta herramienta de modelación multicriterio puede verse en Saaty (1997, 2000).

## **Posibles aplicaciones**

### **1.- Definición de prioridades de proyectos a ser posteriormente formulados**

#### **1.1.- Identificación de instituciones en las que es necesario intervenir**

En esta aplicación, a partir de información pública disponible en el Departamento de Estadísticas e Información en Salud (DEIS) y datos de FONASA, se construyó un índice que mide eficiencia en la gestión de los Centros de Salud Familiar (CESFAMs) en 90 de estos centros en la Región Metropolitana de Santiago, en Chile. Este índice permitiría determinar CESFAMs prioritarios para ser posteriormente intervenidos con proyectos innovadores. En el proyecto en el marco del cual se desarrolló esta investigación, las innovaciones eran co –creadas entre CESFAMs que enfrentaban desafíos específicos aún no resueltos, y CESFAMs que ya habían resuelto problemas similares mediante alguna innovación. En la Figura 1 se expone la jerarquía construida. Vidal *et al.* (2015).

Los resultados obtenidos se exponen en la Figura 2. Esos muestran que hay espacio para proyectos colaborativos, en la medida de que en algunas comunas, existen CESFAMs de alto medio y bajo desempeño en gestión. Dado que la jerarquía establecida en el Figura 1, desagrega la eficiencia de la

gestión en distintos ámbitos, se posibilita así la colaboración entre centros en temas específicos, a modo de ejemplo: resolutividad, dentro de lo que es el ámbito de la gestión clínica, o disponibilidad de fármacos, dentro del ámbito de la gestión administrativa.

### **1.2.- Evaluar calidad de infraestructura para decidir inversiones**

En esta aplicación, se construyó un índice de calidad de infraestructura para establecimientos educacionales, con el objetivo de apoyar la toma de decisiones respecto a dónde invertir posteriormente. En este sentido, es una aplicación similar a la presentada en el punto precedente, pues apoya la decisión respecto a dónde formular los proyectos. Arancibia *et al.* (2014).

La Figura 3 expone la estructura con los criterios estratégicos del modelo. Los primeros cuatro criterios corresponden a las condiciones de operación y los dos últimos a las condiciones al servicio del proceso educativo. De cada criterio estratégico se desprenden los respectivos subcriterios.

Los expertos participantes se distribuyeron en tres grupos de trabajo y los juicios se emitieron en base al consenso al interior de cada grupo.

Tanto a nivel grupal como para el modelo combinado se muestran los pesos globales y los pesos locales obtenidos para cada elemento del modelo. El peso o prioridad local corresponde a la importancia que posee el ítem en relación a la variable o dimensión a la que pertenece en la estructura (en relación a su padre); es decir, se reparte 100% de importancia entre los elementos que componen esa dimensión. El peso o prioridad global representa la importancia que posee cada ítem en el modelo completo, es decir la importancia final en el indicador de infraestructura. Los resultados de las prioridades de cada criterio se pueden ver en la Tabla 2. La estructura del modelo se puede ver en Figura 3.

Posteriormente, con estas ponderaciones y habiéndose definido indicadores para cada uno de los criterios, es posible levantar la información para estos indicadores en distintos establecimientos, y así poder disponer de un ranking de ellos en función de la evaluación de la calidad de infraestructura.

Una vez obtenido los resultados de la aplicación del modelo a los establecimientos escolares, se pueden realizar análisis estadísticos de los resultados de modo de focalizar el tipo de inversión de infraestructura a nivel nacional o regional.

## **2.- Selección de alternativas de localización de proyectos**

Otros investigadores han utilizado la evaluación multicriterio para, por ejemplo, la identificación de áreas potenciales de ubicación de residuos sólidos, estudio de Colombia que se expone a continuación. Dorado y Endison (2012).

La Tabla 3 expone los factores que fueron considerados.

A modo de ejemplo, se presentan dos tablas (Tabla 4 y 5) que muestran cómo se asignaba puntaje a las alternativas de localización dependiendo de las características del suelo (C1) y el grado de pendiente (C2).

Luego, la Tabla 6 presenta la matriz de comparaciones de a pares para los cuatro factores, las ponderaciones derivadas de dicha matriz (pesos) y el índice de consistencia (cr).

Con estos criterios y valores se calculó el indicador para las distintas áreas del Municipio en escala de 0 (no apto) a 255 (máximo puntaje posible). Los valores obtenidos se encuentran contenidos en el rango de 24,6 (mínimo) a 247,7 (máximo).

Al calcular el puntaje en una grilla que divide al Municipio en fracciones de pequeño tamaño y se obtuvo la caracterización en el mapa visible en la Figura 4, que establece las áreas de mayor y menor conveniencia de acuerdo a los criterios establecidos.

### **3.- Evaluación de propuestas de proyectos para fondos concursables.**

En este caso, la aplicación se relaciona con la selección de proyectos que postulan a un fondo concursable, en este caso, del Instituto Nacional del Deporte (IND) de Chile, institución pública encargada del fomento de la actividad deportiva en ese país. Por su simplicidad, los proyectos no se evalúan con criterios de costos y beneficios sino con una multiplicidad de criterios de priorización.

Respecto al contexto del momento de desarrollo del modelo con AHP para la resolución del concurso, el número de proyectos postulantes era el más numeroso en comparación con todos los concursos anteriores y además existía la posibilidad de generar nuevos indicadores de gestión mediante un catastro que la institución estaba implementando.

El modelo construido y las ponderaciones obtenidas luego de completarse las matrices de comparaciones de pares, fueron las expuestas en la Figura 5.

Con este modelo fue posible generar rankings de proyectos. En la Tabla 7 se muestra un ejemplo en el que el “Proyecto 2” resultó ganador frente a otros dos proyectos. El ranking resulta ser robusto según mostró un análisis de sensibilidad, en que dando mayor ponderación alternativamente a cada uno de los criterios del primer nivel (Escenario 1 es ponderando más las Políticas Regionales, el Escenario 2 a los Criterios Técnicos y el Escenario 3 a los Criterios Económicos). Arancibia *et al.* (2003).

### **4.- Evaluación de programas sociales**

En esta aplicación, se construyó un modelo para medir el desempeño del Programa Servicio País de Chile (PSP), un programa de intervención social de la Fundación Superación de la Pobreza, que trabaja en comunidades que viven en contextos de aislamiento y vulnerabilidad, convocando para ello a jóvenes profesionales dispuestos a participar apoyando en diferentes ámbitos del bienestar.

La información sobre los programas sociales, se suele sintetizar en la matriz de marco lógico (MML), esta aplicación trabaja con esa estructura.

La propuesta en esta investigación fue integrar el marco lógico de un programa social con la metodología multicriterio “Proceso Analítico Jerárquico”.

La estructura que se propone corresponde a una evaluación expost, donde se expone una propuesta metodológica para medir el logro de programas y proyectos sociales, apoyar su gestión y evaluar sus resultados. Particularmente, la Figura 6 muestra la estructura conformada por los dos componentes del marco lógico del PSP y los respectivos ponderadores o prioridades de cada criterio, los que fueron obtenidos en consenso mediante matrices de comparaciones a pares bajo la escala de Saaty por el equipo de directivos del nivel central del Programa.

Los indicadores de los criterios terminales correspondientes a competencias en profesionales y capacidad para enfrentar o resolver problemas se crearon mediante brechas entre las líneas de base cero y línea de base 1 (tiempo inicial y final del Programa) las que también fueron desarrolladas mediante modelos multicriterio AHP. Los indicadores correspondientes a los demás criterios terminales se midieron mediante el porcentaje de satisfacción y se calcularon a través de modelación PLS de Ecuaciones Estructurales, que entrega un índice de satisfacción. Arancibia *et al.* (2015a)

### **5.- Evaluación de la cultura de innovación aplicada a la minería de mediana escala**

La cultura de innovación ha sido muy relevante en la última década, promoviendo acciones, normas, valores y actitudes fuertemente ligadas a la mejora continua y la creación de nuevos conocimientos en el marco de una cultura organizacional sustentable e innovadora, que permite crear valor para la empresa y para el cliente.

La estructura que se propone corresponde a la evaluación de la cultura de innovación de las empresas mineras de mediana escala, donde se capturan los criterios más relevantes en los que se deben focalizar acciones e inversión para mejorar el nivel de cultura de innovación.

Para la construcción del modelo se requirió un equipo de profesionales con amplia experiencia y conocimiento en el ámbito de la minería. En base a un muestreo no probabilístico por criterio, se seleccionó a ocho expertos de distintas disciplinas representantes de aquellas instituciones relevantes del sector de la mediana minería: la Empresa nacional de Minería (ENAMI), el Centro de Investigación Minero y Metalúrgico (CIMM) y el Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, (IIMCH).

En base a la revisión bibliográfica y, al conocimiento y la experiencia del equipo de expertos, se identificaron las dimensiones que se pueden observar en la Figura 7.

Según las matrices de comparación a pares y la escala de Saaty se obtuvieron las prioridades de los criterios de la estructura, lo que permitió generar un ranking de factores que pueden potenciar una cultura de innovación en el sector de la mediana minería, que son expuestos en la Tabla 8.

Los resultados muestran la importancia de los criterios correspondientes al recurso humano –directivos, empleados- como elementos fundamentales en la formación de la cultura de innovación, puesto que son ellos quienes implementan las acciones y ejecutan las inversiones al interior de la organización y, en consecuencia, reciben una alta ponderación. Según la opinión de expertos en relación a la tecnología y la transferencia de conocimiento, la minería de mediana escala trata de adecuar las exigencias de los mercados y del entorno en función de sus posibilidades y sin otros apoyos que podrían resultar importantes como aquellos procedentes, por ejemplo, de los gobiernos centrales. Por tanto, no reciben una ponderación mayor en términos de cultura de innovación.

Basándose en los resultados anteriores podría existir una interesante oportunidad de mejora en la cultura de innovación de las empresas de mediana minería si a través de la dimensión Gestión de la Dirección (A) y el componente Uso de la Tecnología (A2), la empresa estimulara nuevas prácticas asociadas a las dimensiones Gestión del Conocimiento (C) y Vigilancia Tecnológica (D).

Por otra parte, los expertos, consideran que para elevar la cultura de innovación del sector, en una primera etapa, se debería focalizar en innovaciones organizacionales asociadas a la gestión del conocimiento, la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva para, en una segunda etapa, avanzar con las innovaciones de procesos, integrando tecnologías, lo que permitiría superar la posición conservadora de este sector. Arancibia *et al.* (2015b).

El modelo multicriterio expuesto puede considerarse como una evaluación ex dure si se utiliza para medir el nivel de cultura de la empresas mineras durante la aplicación de mejoras. Sin embargo, se podría utilizar en distintos periodos del tiempo: antes de la implementación de acciones para medir el ex ante, durante la ejecución de inversiones focalizadas y después de la ejecución de los presupuestos asignados para la mejora continua de una cultura que potencie la innovación de las empresas. Por tanto, este modelo en particular puede considerarse para evaluar la cultura de innovación en los tres periodos de tiempo, antes, durante y después de la ejecución de inversiones o implementación de acciones de mejora.

## Conclusiones

Evidentemente, las decisiones de inversión pasan por múltiples criterios a tomar en cuenta, los que abarcan no tan sólo criterios económicos sino también criterios en otros ámbitos como por ejemplo, ambientales y sociales.

La metodología AHP tiene la ventaja de integrar variables de distintos niveles de medición en una escala única, denominada escala de prioridades, que permite ordenar un problema complejo en una estructura jerárquica, bajo ciertas reglas denominadas axiomas y mediante tres principios. La metodología rescata el conocimiento y experiencia de un equipo de expertos, los que idealmente deben ser tomadores de decisión.

Es importante señalar que el modelo construido debe cumplir las expectativas de los expertos, logrando validez de contenido al plasmarse en la estructura y los indicadores presentar lo que realmente se quiere medir.

La metodología puede usarse en distintos periodos de un proyecto de inversión apoyando la evaluación ex ante, ex dure y ex post (en este artículo se incluyeron ejemplos de las tres aplicaciones) permitiendo entre otras cosas (la siguiente lista no pretende ser exhaustiva);

- Seleccionar la mejor localización para un proyecto.
- Seleccionar instituciones prioritarias para ser intervenidas con un proyecto.
- Hacer evaluación ex post (multicriterio) de un proyecto.
- Definir criterios.
- Identificación de ideas: para hacer rankings de ideas y descartar las malas antes de cualquier estudio.
- Para analizar alternativas de un mismo proyecto en un estudio de preinversión.
- Para programas: permite agregar resultados del marco lógico en un solo indicador (útil para el seguimiento ex dure y ex post).
- Para licitaciones de estudios (sobre todo en la definición de ponderadores).
- Para licitaciones de proyectos (también como sustento a la determinación de ponderadores).
- Para agregar indicadores de desempeño (control de gestión).
- Para priorizar proyectos ya evaluados y recomendados: apoyo a los gobiernos sub nacionales y locales en el proceso de priorización.
- Para seleccionar en forma consensuada proyectos y programas que postulan a fondos concursables.

En todos los ejemplos anteriores se necesita agregar varios criterios para llegar a un solo indicador que permita tomar la decisión. Todas estas aplicaciones se pueden lograr:

- Integrando en un modelo variables cuantitativas y cualitativas.
- Asignando ponderadores a los criterios que conforman el modelo, bajo una escala única de prioridades, utilizando un método simple de comparaciones a pares en base a las ciencias exactas, donde se verifica la consistencia de los juicios, verificando el cumplimiento de estándares de validez de contenido.
- Obteniendo por cada criterio del modelo un índice de logro y pudiendo así hacer ranking de alternativas.

Lo anterior permite a los tomadores de decisión considerar las variables relevantes en la decisión de inversión o en la evaluación de un proyecto de inversión en distintos periodos del proceso.

Otra ventaja que ofrece la utilización de la metodología AHP es que se construye el modelo de manera participativa, considerando el conocimiento de los directivos o ejecutivos del proyecto o del programa y de otros profesionales que participan en su operación, logrando mayor coordinación entre distintas áreas del proyecto y mayor comprensión de lo que se pretende lograr. Facilita además la creación de acciones para el mejoramiento continuo de un proyecto identificando dónde están las debilidades y fortalezas del proyecto.

## Bibliografía

- Arancibia, Sara; Contreras, Eduardo; Mella, Sergio; Torres, Pablo; Villablanca, Ignacio (2003), “Evaluación multicriterio: Aplicación para la formulación de proyectos de Infraestructura”, en Publicaciones CEGES, N°48, <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges48.pdf>, 08-07-2016.
- Arancibia, Sara; De la Vega, Luis Felipe; Denis, Angela; Saball, Paulina (2015a), “Evaluación de programas sociales: un enfoque multicriterio” en *Revista del Clad Reforma y Democracia*, N°63, octubre, pp. 99-126.
- Arancibia Carvajal, Sara; Donoso Pérez, Macarena; Montenegro Iturra, Esteban; Díaz Farías, Alvaro (2014), “Un modelo para apoyar la gestión de proyectos de inversión en infraestructura escolar” documento precentado en 12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Guayaquil, Ecuador, 22 al 24 de julio.
- Arancibia Carvajal, Sara; Donoso Pérez, Macarena; Venegas Cabello, Ricardo; Cárdenas Espinosa, Cristina (2015b), “Identificación de Factores Clave en la Cultura de Innovación. El Caso de la Mediana Minería en Chile” en *Journal of Technology Management & Innovation*, Vol 10, N°1, marzo, pp. 132-145.
- Figueira, José. Greco, Salvatore, Ehrgott, Matthias (2005): *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*. Springer’s International Series. New York.
- Dorado Rodríguez, Arlex Fernely; Endison Cerón, Ronald (2012), “Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán”, Popayán, Colombia, julio, [http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno\\_pop\\_jul\\_2012-alcaldia.pdf](http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno_pop_jul_2012-alcaldia.pdf), 08-07-2016.
- Pacheco, Juan Francisco; Contreras, Eduardo (2008). “Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos”, Instituto Iberoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), Santiago, Chile, julio, [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35914/manual58\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35914/manual58_es.pdf), 08-07-2016.



- Saaty, Thomas L. (2000), *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. Vol VI of AHP Series*. Pittsburg; RWS Publications.
- Saaty, Thomas L. (1997). *Toma de decisiones para líderes: El proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburgh; RWS Publications.
- Vidal, Francisca; Contreras, Eduardo; Arancibia, Sara; Infante, Antonio (2015), “Heterogeneidad en los resultados de gestión de Centros de Salud Familiar de la región Metropolitana mediante un método multicriterio” en *Revista Chilena de Salud Pública*, Vol 19, N°2, pp. 130-139.
- Universidad de Chile (2014), “Estudio de modelación para el fortalecimiento de la planeación y priorización de acciones de infraestructura hidráulica”. Informe.

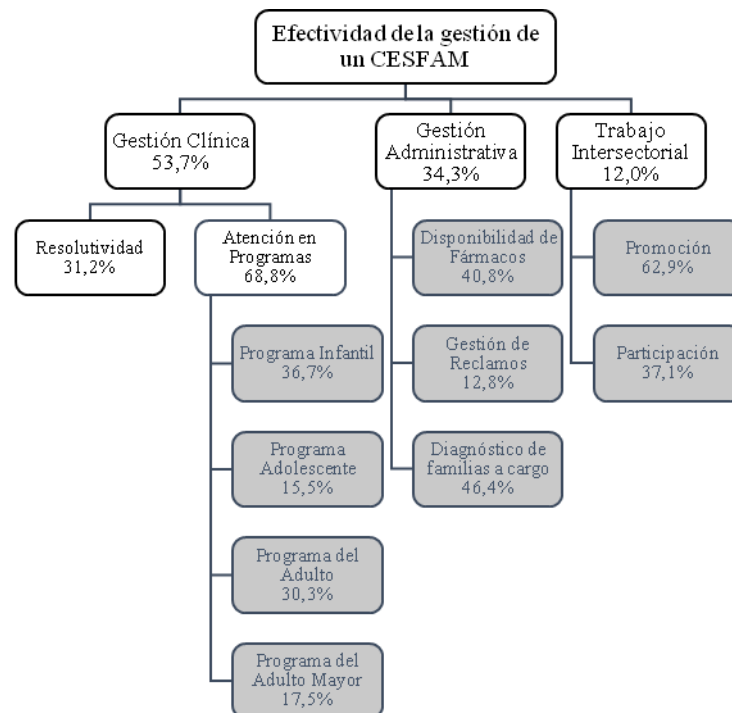
## Reseña Biográfica

**Sara Arancibia Carvajal.** Profesora, Licenciada y Magíster en Matemáticas de la Universidad Católica de Valparaíso, Magíster en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad de Chile, Doctora en Ciencias Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid. Directora del Instituto de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Diego Portales. Académica de programas de postgrados de la Universidad de Chile. Autora de varias publicaciones indexadas, entre las cuales se destacan: “Evaluación de programas sociales: un enfoque multicriterio” de la Revista CLAD de Reforma y Democracia; “Cómo gestionar intangibles” de la Revista The Services Industries Journal. Ha desarrollado varios proyectos de consultoría e investigación, entre los cuales figuran: “Desarrollo de un modelo multicriterio para medir la Calidad de la Infraestructura Escolar de Chile”, “Desarrollo de un sistema de evaluación del programa Servicio País de Chile”, “Metodologías de apoyo a la innovación y gestión de los programas de intervención social que favorecen la superación de la pobreza en Chile” entre otros.

**Eduardo Contreras Villablanca.** Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile, con MBA en ESADE, Barcelona y Doctorado en Ciencias Empresariales de la Universidad Autónoma de Madrid. Académico de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile; Director Académico del Magíster en Gestión y Políticas Públicas de esa Universidad, y de diversos Diplomados y Cursos de Especialización, entre los cuales figuran el de Evaluación Social de Proyectos. Es autor de un importante número de publicaciones tales como: Manual Metodológico de Evaluación Multicriterio para Programas y Proyectos; Diseño y Evaluación de Proyectos: un enfoque integrado; Evaluación social de inversiones públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica, Evaluación de inversiones bajo incertidumbre: teoría y aplicaciones a proyectos en Chile. Elementos conceptuales y aplicaciones de microeconomía para la evaluación de proyectos. Es consultor del ILPES/CEPAL.

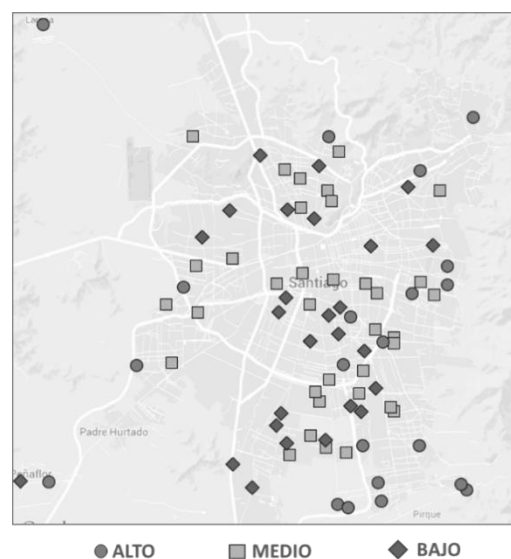
## Cuadros, tablas y gráficos

**Figura 1. Estructura Jerárquica del Índice de Resultados de Gestión en CESFAM**



Fuente: Vidal, Francisca; Contreras, Eduardo; Arancibia, Sara; Infante, Antonio (2015), "Heterogeneidad en los resultados de gestión de Centros de Salud Familiar de la región Metropolitana mediante un método multicriterio" en *Revista Chilena de Salud Pública*, Vol 19, N°2, pp. 130-139.

**Figura 2. Mapa con resultados del Índice de Resultados de Gestión en CESFAM de la Región Metropolitana**

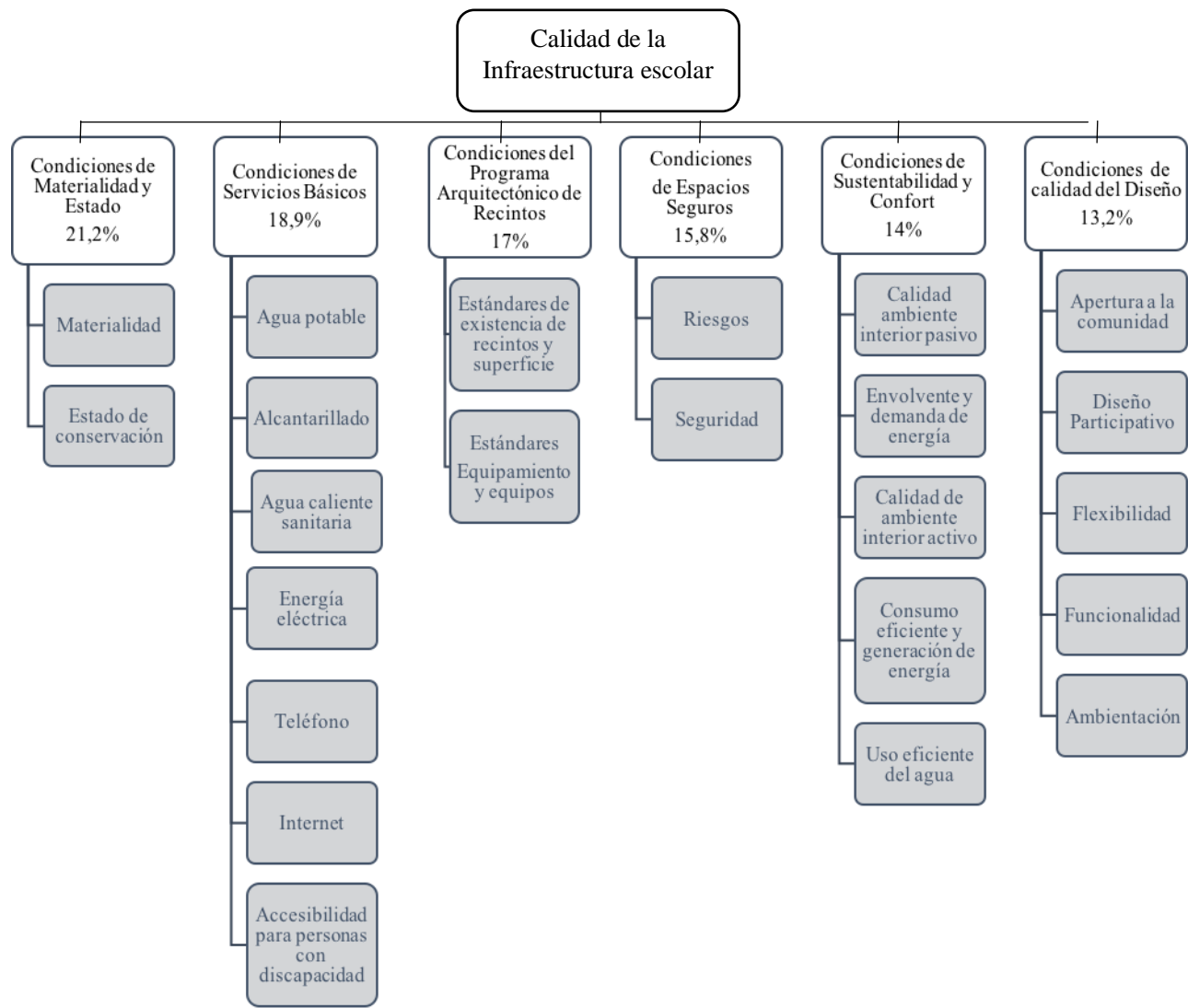


Fuente: Vidal, Francisca; Contreras, Eduardo; Arancibia, Sara; Infante, Antonio (2015), "Heterogeneidad en los resultados de gestión de Centros de Salud Familiar de la región Metropolitana mediante un método multicriterio" en *Revista Chilena de Salud Pública*, Vol 19, N°2, pp. 130-139.

**Tabla 1. Selección de métodos para el Análisis Multicriterio**

<b>Método</b>	<b>Regla de Decisión</b>			<b>Tipo de datos (información)</b>		
	<b>Compensat orio</b>	<b>Parcial- compensat orio</b>	<b>No compensat orio</b>	<b>Cuantitativ a</b>	<b>Cualitativ a</b>	<b>Mixta</b>
Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT)	X					X
Suma ponderada (SAW) o Scoring	X			X		
Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	X					X
Ordenamiento de Preferencias.		X				X
Relaciones de Superación						
NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments)		X				X
REGIME		X			X	X
Método del dominante			X		X	

Fuente: Adaptado de Figueira, J. *et. al* (2005): Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys. Springer's International Series.

**Figura 3. Estructura jerárquica del modelo de calidad de la infraestructura escolar**

Fuente: Arancibia Carvajal, Sara; Donoso Pérez, Macarena; Montenegro Iturra, Esteban; Díaz Farías, Álvaro (2014), “Un modelo para apoyar la gestión de proyectos de inversión en infraestructura escolar” documento presentado en 12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Guayaquil, Ecuador, 22 al 24 de julio.

**Tabla 2. Importancia de los criterios estratégicos**

<i>Criterio Estratégico</i>	<i>Combinado</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Grupo 3</i>
Condiciones de materialidad y estado	21,2%	20,5%	21,6%	21,1%
Condiciones de servicios básicos	18,9%	20,1%	19,3%	17,0%
Condiciones de programa arquitectónico de recintos	17,0%	13,5%	16,5%	21,9%
Condiciones de espacios seguros	15,8%	15,0%	17,0%	15,2%
Condiciones de sustentabilidad y confort	14,0%	15,9%	12,8%	13,2%
Condiciones de calidad del diseño	13,2%	15,0%	12,8%	11,6%

Fuente: Arancibia Carvajal, Sara; Donoso Pérez, Macarena; Montenegro Iturra, Esteban; Díaz Farías, Alvaro (2014), “Un modelo para apoyar la gestión de proyectos de inversión en infraestructura escolar” documento presentado en 12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Guayaquil, Ecuador, 22 al 24 de julio.

**Tabla 3: Factores de localización**

<i>Factores de localización</i>	<i>Criterio óptimo</i>
C1 Mapa General del Suelo	Suelos sedimentarios con características arcillosas
C2 Grado de pendiente	3 y 12
C3 Cobertura vegetal de suelo	Suelos desnudos o zonas con un porcentaje menor al 40% de vegetación arbustiva.
C4 Precipitación	Area de menor pluviosidad

Fuente: Dorado Rodríguez, Arlex Fernely; Endison Cerón, Ronald (2012), “Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán”, Popayán, Colombia, julio, [http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno\\_pop\\_jul\\_2012-alcalda.pdf](http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno_pop_jul_2012-alcalda.pdf), 08-07-2016.

**Tabla 4. Puntajes según tipo de suelo**

<i>Unidad</i>	<i>Código</i>	<i>Textura</i>	<i>Valor asignado (aij)</i>
<b>Consociación Cofre</b>	CFa	Franco arenosa	85
	CFb	Franco arenosa	85
	CFc	Franco arenosa	85
	CFd	Franco arenosa	85
	CFe	Franco arenosa	85
	CFf	Franco arenosa	85
<b>Asociación Chapa</b>	CHa	Franco arenosa	85
	CHb	Franco arenosa	85
	Dla	Franco arcillosa	170
<b>Asociación Dominguito</b>	Dlb	Franco arcillosa	170
	Dlc	Franco arcillosa	170
	Dld	Arcillo limosa	170
	Dle	Franco arenosa	85
	Dlf	Franco arenosa	85
<b>Asociación Timbio</b>	GUb	Arcillosa	255
	LMd	Arcillosa	255
<b>Asociación Limón</b>	LMe	Arcillosa	255
	LMf	Arcillosa	255
	LMg	Franco arcillosa	170
<b>Asociación Méndez</b>	MEc	Franco arcillosa	170
	PBa	Franco arcillo arenosa	170
<b>Asociación Pubenza</b>	PBb	Franco arenosa	85
	PBc	Franco arenosa	85
<b>Asociación Porvenir</b>	PEc	Franco arcillo arenosa	170
<b>Asociación Puente</b>	PHa	Francos arenosos y arenosas gruesas	0
<b>Asociación Perolinde</b>	PXa	Francos arenosos y arenosas gruesas	0
<b>Asociación Paz</b>	PZe	Arcillosa	255
	PZf	Franco arenosas	85
<b>Asociación Quilcacé</b>	QCb	Francas	85
	SAb	Francas	85
<b>Asociación Salado</b>	SAc	Francas	85
	SAd	Francas	85
	SAe	Francas	85
	SGd	Arcillosa	255
<b>Asociación Sanguengue</b>	SGe	Franco arenosa	255
<b>Asociación Silva</b>	SLd	Franco arcillosa	170
	SLe	Franco arcillosa	170
	SLf	Francas	85
	STa	Franco limosa	170
<b>Asociación Sotará</b>	STb	Franco limosa	170

Fuente: Dorado Rodríguez, Arlex Fernely; Endison Cerón, Ronald (2012), "Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán", Popayán, Colombia, julio, [http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno\\_pop\\_jul\\_2012-alcalda.pdf](http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno_pop_jul_2012-alcalda.pdf), 08-07-2016.

**Tabla 5. Puntaje según grado de pendiente**

<i>Criterio</i>	<i>Valor asignado (aij)</i>
50 – 75	0
25 - 50	85
12 - 25	170
7 – 12	255
3 – 7	170
0 – 3	85
0	0

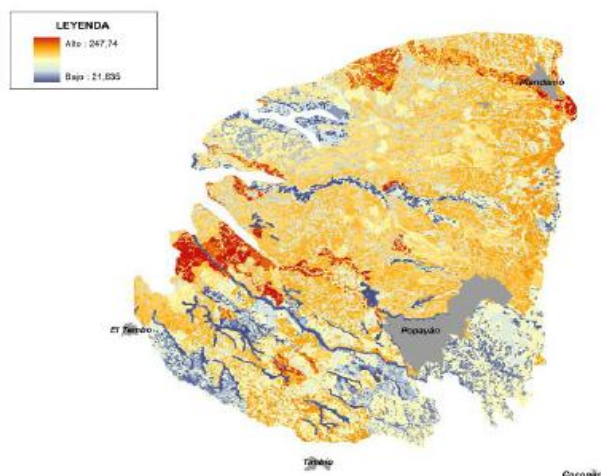
Fuente: Dorado Rodríguez, Arlex Fernely; Endison Cerón, Ronald (2012), “Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán”, Popayán, Colombia, julio, [http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno\\_pop\\_jul\\_2012-alcalda.pdf](http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno_pop_jul_2012-alcalda.pdf), 08-07-2016.

**Tabla 6: Matriz de comparaciones pareadas**

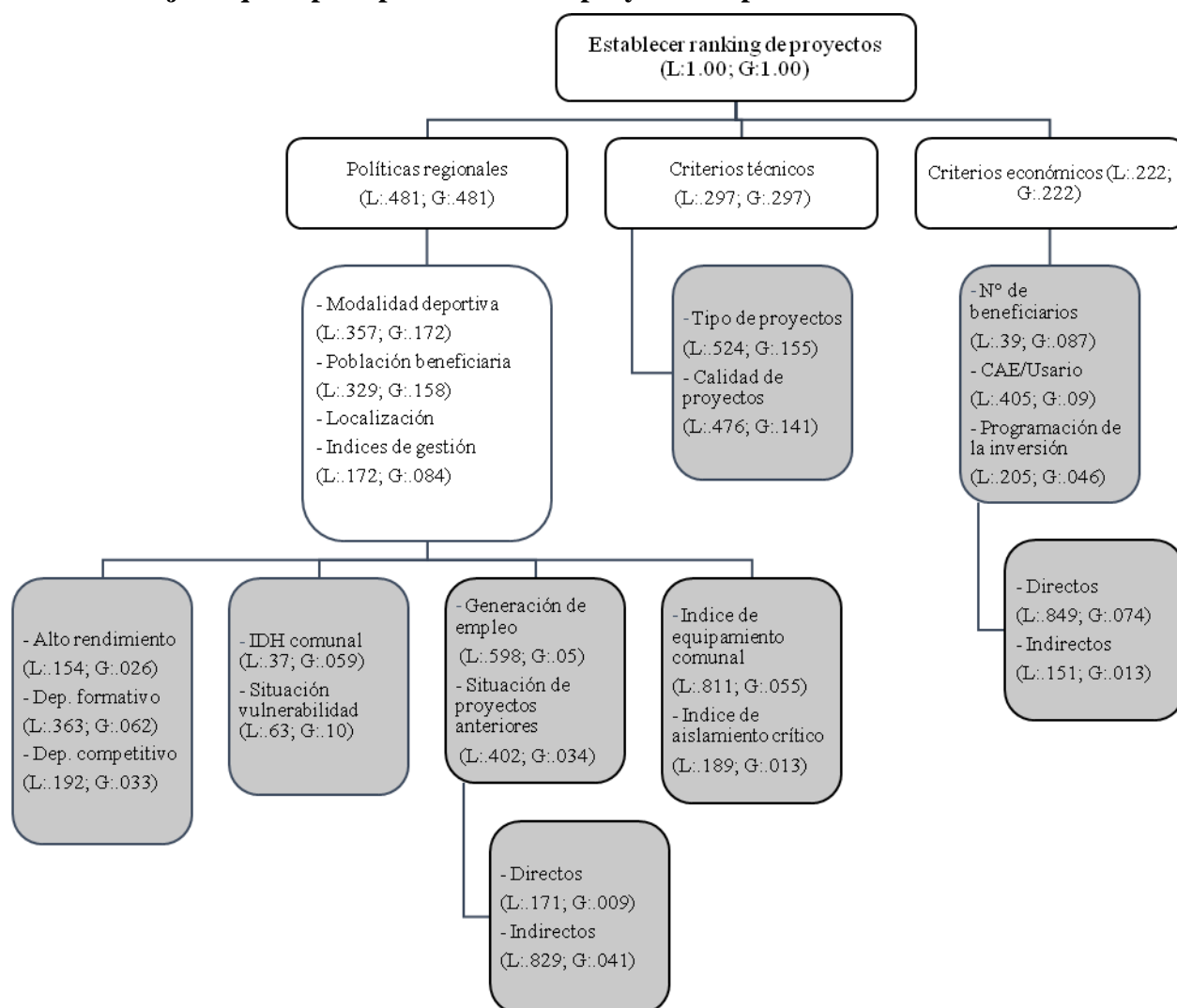
<i>Factor</i>	<i>Pendientes</i>	<i>Precipitación</i>	<i>Suelos</i>	<i>Cobertura vegetal</i>	<i>Peso (wi)</i>
<b>Pendientes</b>	1	2/1	3/1	1	0,140
<b>Cobertura vegetal</b>		1			0,200
<b>Unidades suelo</b>			1	3	0,495
<b>Precipitación</b>				1	0,165

c.r: 0,02

Fuente: Dorado Rodríguez, Arlex Fernely; Endison Cerón, Ronald (2012), “Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán”, Popayán, Colombia, julio, [http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno\\_pop\\_jul\\_2012-alcalda.pdf](http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno_pop_jul_2012-alcalda.pdf), 08-07-2016.

**Figura 4. Caracterización del Municipio para posibles localizaciones.**

Fuente: Dorado Rodríguez, Arlex Fernely; Endison Cerón, Ronald (2012), “Identificación de áreas potenciales para ubicar el futuro sistema de disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán”, Popayán, Colombia, julio, [http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno\\_pop\\_jul\\_2012-alcalda.pdf](http://www.popayan-cauca.gov.co/apc-aa-files/62376436323531303130383732333532/relleno_pop_jul_2012-alcalda.pdf), 08-07-2016.

**Figura 5. Modelo jerárquico para priorización de proyectos deportivos**

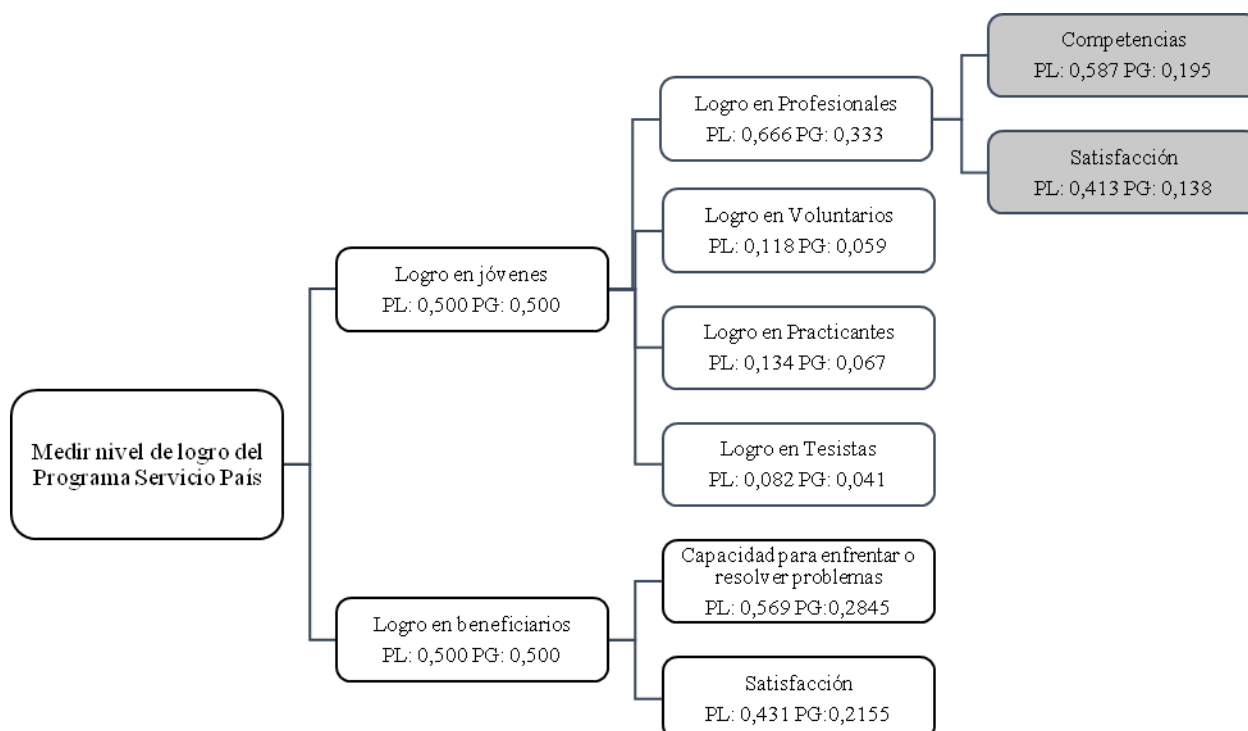
Fuente: Arancibia, Sara; Contreras, Eduardo; Mella, Sergio; Torres, Pablo; Villablanca, Ignacio (2003), "Evaluación multicriterio: Aplicación para la formulación de proyectos de Infraestructura", en Publicaciones CEGES, N°48, <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges48.pdf>, 08-07-2016.



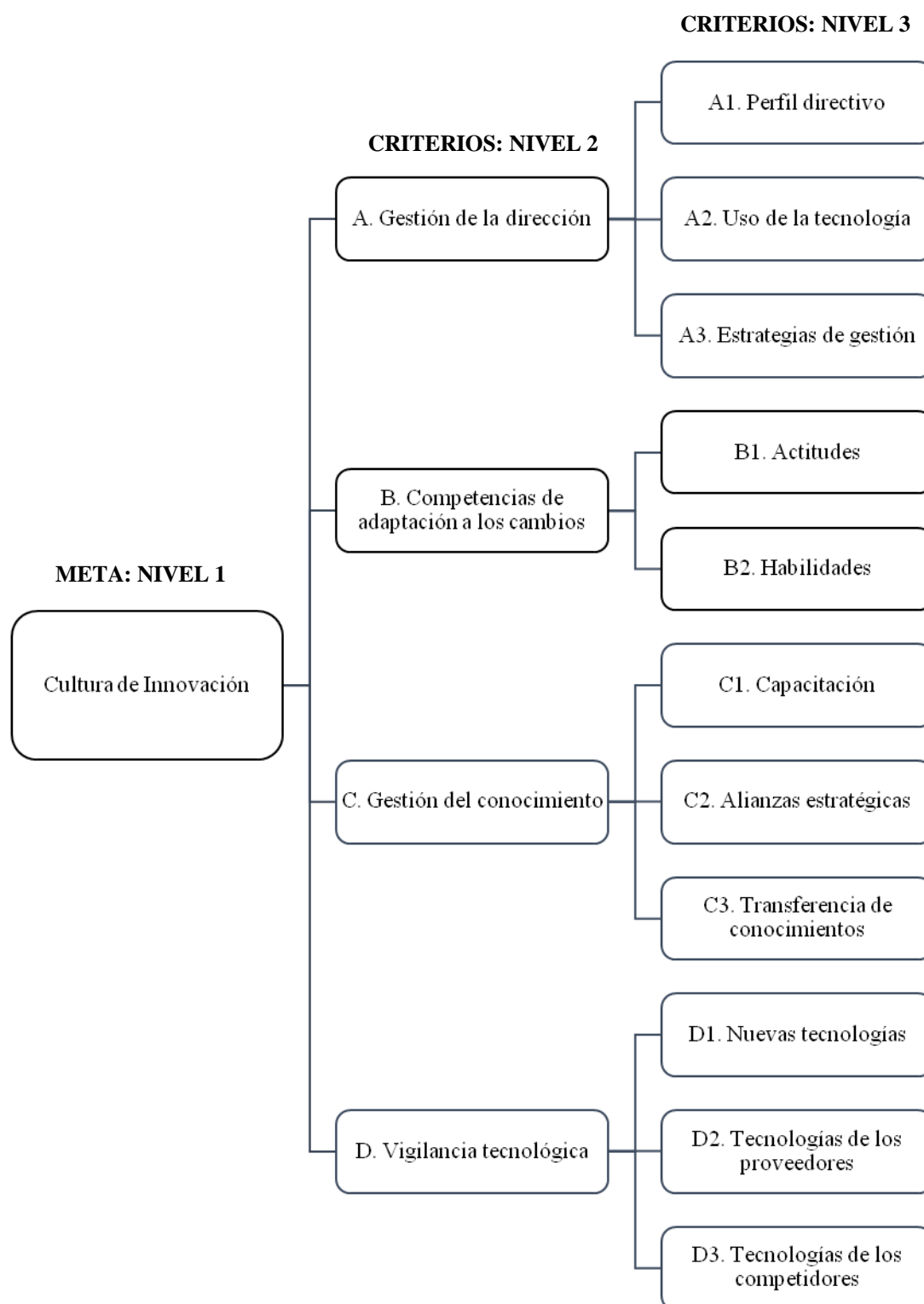
**Tabla 7. Análisis de sensibilidad para proyectos deportivos.**

<i>Proyecto</i>	<i>Escenario</i>		
	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Escenario 3</b>
<b>Proyecto 1</b>	<b>0,445</b>	<b>0,445</b>	<b>0,439</b>
<b>Proyecto 2</b>	<b>0,767</b>	<b>0,746</b>	<b>0,714</b>
<b>Proyecto 3</b>	<b>0,720</b>	<b>0,705</b>	<b>0,669</b>

Fuente: Arancibia, Sara; Contreras, Eduardo; Mella, Sergio; Torres, Pablo; Villablanca, Ignacio (2003), “Evaluación multicriterio: Aplicación para la formulación de proyectos de Infraestructura”, en Publicaciones CEGES, N°48, <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges48.pdf>, 08-07-2016.

**Figura 6** Estructura jerárquica del modelo estratégico para medir logro de servicio país.

Fuente: Arancibia, Sara; De la Vega, Luis Felipe; Denis, Angela; Saball, Paulina (2015), “Evaluación de programas sociales: un enfoque multicriterio” en *Revista del Clad Reforma y Democracia*, N°63, octubre, pp. 99-126.

**Figura 7. Estructura jerárquica del modelo para medir cultura de innovación**

Fuente: Arancibia Carvajal, Sara; Donoso Pérez, Macarena; Venegas Cabello, Ricardo; Cárdenas Espinosa, Cristina (2015), "Identificación de Factores Clave en la Cultura de Innovación. El Caso de la Mediana Minería en Chile" en *Journal of Technology Management & Innovation*, Vol 10, N°1, marzo, pp. 132-145.

**Tabla 8. Prioridades de los criterios de estructura**

<i>Nivel 2</i>	<i>Prioridad Local</i>	<i>Prioridad Global</i>	<i>Nivel 3</i>	<i>Prioridad Local</i>	<i>Prioridad Global</i>
A	0,566	0,566	A1	0,531	0,301
			A2	0,234	0,133
			A3	0,234	0,133
B	0,241	0,241	B1	0,722	0,174
			B2	0,278	0,067
C	0,121	0,121	C1	0,207	0,025
			C2	0,469	0,057
			C3	0,325	0,039
D	0,072	0,072	D1	0,573	0,041
			D2	0,175	0,013
			D3	0,252	0,018

Fuente: Arancibia Carvajal, Sara; Donoso Pérez, Macarena; Venegas Cabello, Ricardo; Cárdenas Espinosa, Cristina (2015), "Identificación de Factores Clave en la Cultura de Innovación. El Caso de la Mediana Minería en Chile" en *Journal of Technology Management & Innovation*, Vol 10, N°1, marzo, pp. 132-145.