

Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva

Sara Arancibia
Eduardo Contreras¹
Sergio Mella
Pablo Torres
Ignacio Villablanca²

En este trabajo se explora una metodología para seleccionar alternativas en la etapa de formulación de un proyecto, mediante la aplicación del Análisis Multicriterio, como parte de un proceso de apoyo a la toma de decisiones, con el objetivo de mejorar la selección de proyectos que postulana fondos concursables para el deporte. El Análisis Multicriterio, desarrollado en la década de los 60, comprende una serie de metodologías que se caracterizan principalmente, por su capacidad de manejar problemas de toma de decisiones donde existen múltiples objetivos, criterios, participantes y alternativas. En los últimos años ha existido un creciente interés en Chile por su aplicación al análisis de decisiones de inversión. Se presentan los aspectos teóricos de una de las metodologías multicriterio más difundidas (AHP) y se analiza su pertinencia para apoyar la selección de proyectos mediante el desarrollo de una aplicación práctica.

INTRODUCCIÓN

Dado que la aplicación que se presenta en este documento, se realizó para Chiledeportes, institución que por su carácter público forma parte del Sistema Nacional de Inversiones, se comienza por describir dicho sistema para una mejor comprensión del marco en el que se desarrollan los concursos por fondos. Luego se presentan aspectos teóricos y conceptuales de la evaluación multicriterio, y finalmente se muestran los resultados de la aplicación.

¹ Sara Arancibia es académico del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Diego Portales, Eduardo Contreras es académico del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile y miembro de su Centro de Gestión (Ceges). Ambos impulsaron el estudio de aplicaciones en Análisis Multicriterio en instituciones públicas, mediante el trabajo de alumnos memoristas.

² Pablo Torres es Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile, trabajó como memorista en aplicaciones de evaluación multicriterio a proyectos públicos de infraestructura. Ignacio Villablanca es Ingeniero Civil Industrial de la Universidad Diego Portales, es asesor del departamento de planificación de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP. Ambos, en conjunto con los profesores Sara Arancibia y Eduardo Contreras, apoyaron el desarrollo del trabajo de título de Sergio Mella, cuyos resultados se presentan en este documento.

1. MARCO INSTITUCIONAL DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES.

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. Se plantea así el problema básico que se debe enfrentar: asignar recursos económicos, generalmente escasos, a una diversidad de posibilidades de acción para obtener los objetivos deseados. En esta situación ¿cuál es la combinación de actividades más conveniente para la mejor consecución de los objetivos?

En materia de inversión la administración del Estado de Chile, dispone de una organización institucional de tipo funcional, descentralizada y desconcentrada territorialmente, en la que interactúan una gran cantidad de instituciones que participan en el proceso de transformación de las ideas de inversión.

ORGANIZACIÓN FUNCIONAL

En la organización del Sector Público, es posible distinguir 3 tipos de funciones dentro del proceso de inversión pública.

De Gobierno (decisión): Este nivel adopta decisiones y prioriza acerca de qué proyectos o estudios realizar, en base a las recomendaciones técnico-económicas proporcionadas por el nivel asesor.

La función de Gobierno reside en el Poder Ejecutivo a través del Presidente de la República; y por descentralización y desconcentración territorial, en los Ministros, los Intendentes Regionales y en los Gobernadores Provinciales; y a nivel local en los Alcaldes.

De Administración (ejecución): Es una acción técnica que se traduce en la identificación, formulación, evaluación y ejecución, a través de la contratación de estudios y obras, de los proyectos de inversión pública.

La función de Administración es realizada por los ministerios, servicios, empresas e instituciones públicas, como asimismo por las municipalidades y servicios regionales.

De Asesoría (coordinación): A esta función le corresponde la coordinación y compatibilización de las decisiones de inversión, entre los niveles de Gobierno y Administración. Debe realizar la revisión técnica de los estudios y proyectos de los organismos públicos (Ministerios, Organismos Regionales, Empresas del

Estado, etc.) que postulan a financiamiento público, y emitir la correspondiente recomendación técnico-económica.

La función de asesoría la llevan a cabo el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN) y sus distintas dependencias. Estas funciones desagregadas a nivel territorial (por regiones y comunas) se representan en la siguiente figura:

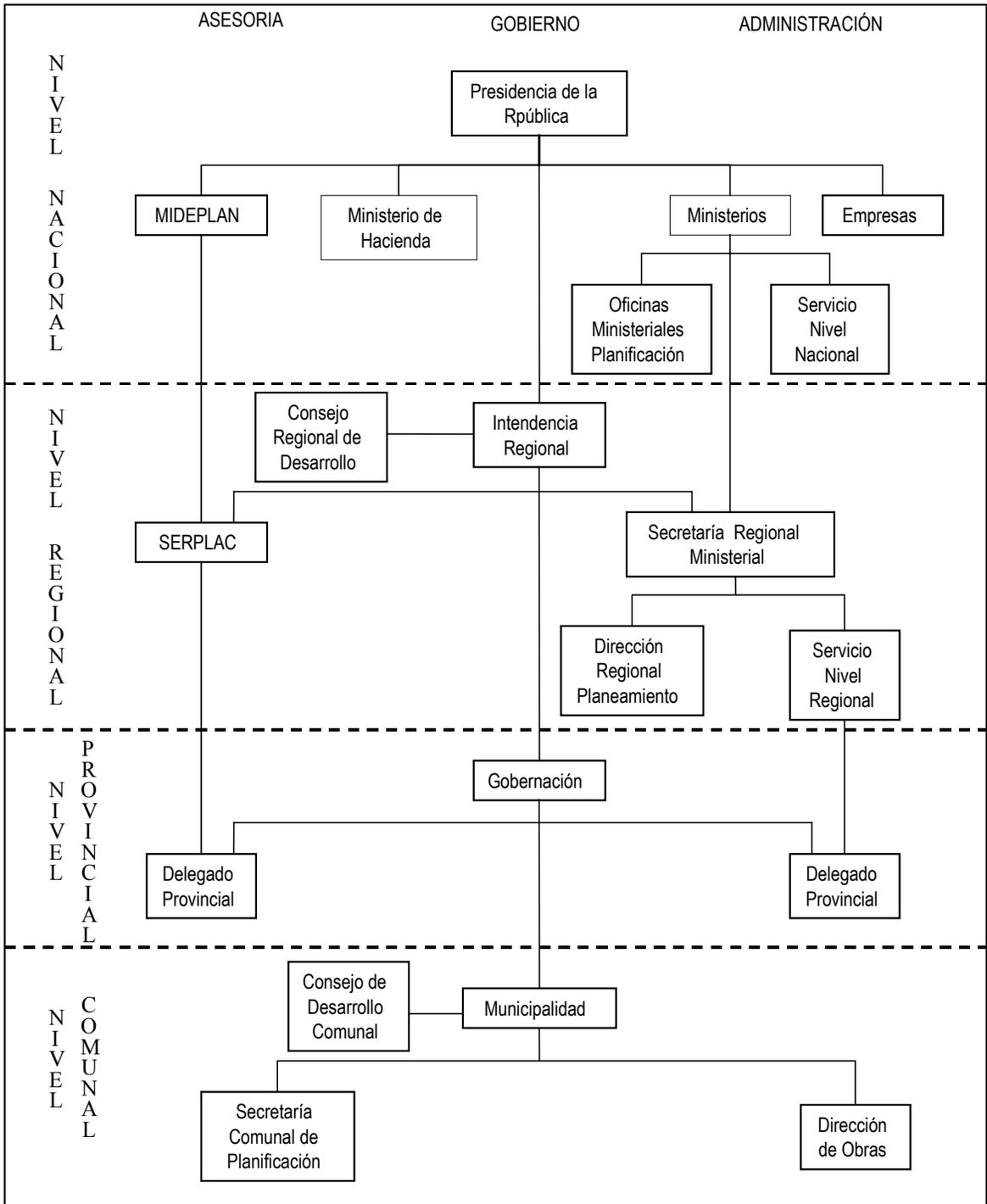


Figura 1: Esquema del Sistema Nacional de Inversión Pública

En el caso de los fondos concursables de Chiledeportes, la función de asesoría de MIDEPLAN actualmente se inicia una vez aprobado el presupuesto anual de la institución ejecutora (presupuesto que incluye los fondos concursables), y consiste en asesorar directamente, y aprobar, la evaluación y priorización de los proyectos que las instituciones públicas y privadas presentan a Chiledeportes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. PROCESOS DE DECISIÓN Y UNIDADES DE MEDICIÓN

Un proceso de decisión implica, necesariamente, la comparación entre las alternativas, el hecho de comparar elementos se traduce en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación de modo de establecer preferencias entre ellos. Los elementos que participan en un proceso de decisión por lo general se miden en escalas diferentes (peso, distancia ó tiempo por ejemplo), por lo que se requiere transformar estas unidades en una unidad abstracta que sea válida para todas las escalas.

En el análisis de decisiones de inversión, normalmente esta diversidad de métricas se resuelve con la transformación de todos los impactos de un proyecto, en un indicador económico, típicamente el VAN, cuya unidad de medida es el valor del dinero en un instante dado del tiempo.

Por otro lado, participan también en el proceso muchas variables intangibles imposibles de cuantificar en medidas tradicionales, aspectos políticos, sociales y ambientales por ejemplo, que también deben verse representados por una escala común, y que algunas ocasiones son de difícil medición en términos económicos. ¿Cómo determinamos la importancia de estos factores y sintetizamos luego toda esta información para tomar la mejor decisión?. Este es un típico problema de toma de decisiones.

Lo que interesa medir es cuánto más preferible es una alternativa sobre otra y para compararlas necesitamos una escala de evaluación común. Las escalas de evaluación permiten caracterizar los elementos bajo un mismo patrón de comparación pudiendo de esta manera establecer relaciones entre ellas.

2.2. METODOLOGÍAS MULTICRITERIO: UNA INTRODUCCIÓN

¿Por qué una metodología multicriterio?

Porque es necesario una metodología que logre combinar las 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 las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio está 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 multicriterio más utilizadas, con fundamentos matemáticos, es el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP).

Los métodos de evaluación multicriterio provienen fundamentalmente del área de Investigación de Operaciones (I.O.). Desde esa disciplina se puede hacer la siguiente clasificación de los modelos multicriterio.

CLASIFICACIÓN DE MODELOS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES:

El problema clásico de I. O. Es optimizar una función objetivo sujeto a un set de restricciones. Por ejemplo, en evaluación de proyectos: Maximizar VAN dada la disponibilidad de recursos.

En los modelos multicriterio se aborda un problema distinto: optimizar un set de funciones objetivo.

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.

Desde el punto de vista de toma de decisiones en base a la rentabilidad de los proyectos, el mundo ideal sería aquel que permite incorporar todos los efectos del proyecto en el VAN. Dado que esto no siempre es posible (hay beneficios y costos que no son medibles), se suele agregar al VAN un listado de beneficios y costos no cuantificables, por ejemplo: efecto en la descentralización, impactos ambientales no cuantificables, efectos redistributivos. Pero lo anterior no resuelve el problema de cómo tomar una decisión a partir de esa información.

Los modelos multicriterio permiten agregar afectos de un proyecto en una métrica común. Para ello se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- 1.- Se deben definir los criterios (objetivos intermedios), y sus respectivas restricciones.
- 2.- Definir tipos de variables: discretas o continuas.
- 3.- Modelamiento de las preferencias. Existen básicamente dos alternativas: optimizar por separado para cada objetivo y luego agregar los subconjuntos de soluciones ó asignar pesos a los distintos objetivos y encontrar una sola solución.
- 4.- Definir si se usan modelos determinísticos (sin incertidumbre) ó aleatorios.

En el último caso se aplica la Teoría de preferencias sobre contingencias: programación dinámica, simulación, análisis probabilístico.

- 5.- Si se opta por agregar objetivos se deben definir los métodos de agregación. Dentro de estos métodos tenemos:

Método de "juicio de expertos"

Funciones de utilidad multiatributadas: transforman los múltiples criterios en uno sólo.

Factor analysis

Escalamiento Multidimensional

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Otros.

De acuerdo a los pasos anteriores, las características AHP (método utilizado en este trabajo) son las siguientes: método de evaluación multicriterio, de variables discretas, con medición de preferencias por agregación de criterios y determinístico (no considera incertidumbre).

2.3 PARADIGMAS

Podemos entender los paradigmas como metapreguntas de la teoría, las más sencillas, las que justamente por esa calidad no se explicitan ni se cuestionan, sino que se dan como supuestos. Las preguntas que están en la base de la definición de paradigma son la definición de realidad, de los criterios de verdad, de la relación entre la parte y el todo [1], [7].

El paradigma positivista dice relación con los principios lógicos de la lógica clásica, con el conocimiento objetivo y el método cartesiano. La realidad es un objeto que puede ser estudiado por partes y la lógica inductiva basada en los principios de causalidad, razón necesaria, razón suficiente y determinismo causas para la

explicación de los fenómenos formulando regularidades. El análisis y la experimentación requieren de hipótesis que disminuyan lo máximo posible el componente subjetivo de la realidad. El desarrollo científico moderno y la tecnología industrial tienen sus orígenes en el paradigma positivista, esto es, hay partes de la realidad donde su aplicación tiene validez y explicación.

El denominador común de todos los problemas que se abordan con evaluación multicriterio, es el reconocimiento explícito de la complejidad en los procesos de toma de decisiones individuales y más aún a nivel grupal. Desde el punto de vista filosófico representa un movimiento desde el paradigma del racionalismo hacia el de "pensamiento lateral o visión periférica". Conviene resumir las características esenciales de estos dos enfoques.

La visión racionalista - positivista - cartesiana, ha dominado el sistema de pensamiento de la civilización occidental desde que la filosofía clásica griega sistematizó el uso del análisis, el juicio y la argumentación. El racionalismo en el mundo moderno asume que para cualquier problema de toma de decisiones existe una solución óptima precisa y que es posible encontrarla razonando respecto al problema y modelándolo adecuadamente. .

Un supuesto subyacente en esta visión es la tangibilidad de las variables y atributos que inciden en la toma de decisiones. La teoría tradicional de evaluación de proyectos, se enmarca básicamente dentro de la tradición racionalista, en efecto, hemos supuesto siempre que los individuos maximizan su utilidad y la sociedad maximiza el bienestar social, que podemos conocer toda la información (o al menos la mayor parte) necesaria para la toma de decisiones y que la tangibilidad de esta información nos permite medir (todos los costos y beneficios) para llegar a un criterio único (VAN) que nos permite tomar la decisión en forma racional.

El "pensamiento lateral" ha sido más propio de la filosofía oriental y comenzó a impregnar la cultura occidental sobre todo en la década de los 80, motivado en parte por la creciente influencia y éxitos de Japón en la economía mundial durante esa época. Podríamos intentar sintetizar este enfoque por contraste con el paradigma racionalista. El enfoque da cuenta de la intangibilidad de muchas de las dimensiones relevantes para el proceso de toma de decisión, incorpora como dato que el proceso de toma de decisión no necesariamente es racional bajo las definiciones antes señaladas, en la medida de que factores subjetivos que el tomador de decisiones no es capaz de reconocer ni explicitar inciden fuertemente en la decisión final, y por último reconoce que la racionalidad varía de una persona a otra y de un grupo a otro.

Para efectos de la evaluación de inversiones, este cambio de paradigma implica al menos incluir en la toma de decisión los aspectos no cuantificables, identificar aspectos subjetivos involucrados en la toma de decisión e incluir las distintas visiones y objetivos de los agentes. A modo de ejemplo, significa considerar en la toma de decisión aspectos tales como correlación de fuerzas entre grupos, intereses no declarados de los agentes, participación de los beneficiarios y restricciones socio-culturales entre otras[2].

3. MARCO CONCEPTUAL DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

3.1. ANÁLISIS COSTO-EFECTIVIDAD

El análisis costo-efectividad, corresponde a la evaluación de diferentes alternativas de inversión, con el fin de comparar estas sobre la base de objetivos y criterios ya definidos. De esta forma se podría considerar como un subconjunto de un análisis costo-beneficio en el que los costos, mas no los beneficios se calculan en términos monetarios.

3.2. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

El análisis Costo-Beneficio, o evaluación de proyectos, o evaluación de inversiones, es una herramienta que consiste en la comparación de los costos (de inversión y operación) de un proyecto con los beneficios que este genera.

Por proyecto entenderemos el conjunto integrado de actividades orientadas a alcanzar objetivos y metas específicas, con un presupuesto definido, personas/entidades responsables, y en un plazo determinado. Desde el punto de vista económico, un proyecto corresponde a la decisión acerca del uso de recursos con el objeto de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o la prestación de servicios. Se materializa, por lo general, en una obra física: construcción, reparación, ampliación, etc. En su materialización los agentes económicos compran insumos, los combinan y transforman de manera que el producto obtenido genere beneficios que excedan el valor de esos insumos.

Así la evaluación de proyectos la definiremos como una herramienta para la toma de decisiones o proceso al que se someten las alternativas de inversión, el que por medio de la aplicación de determinados criterios permite emitir un juicio sobre la conveniencia de la implementación de cada una de ellas. Los criterios de evaluación quedan subordinados a los objetivos que se persigan con cada proyecto, valores y limitaciones impuestas por la entidad evaluadora y las restricciones legales; esto da origen a diferentes tipos de evaluaciones de proyectos.

Evaluación significa estimar la magnitud o la calidad de un hecho, de un proceso o producto. Una definición más operativa podría ser: Proceso orientado a la toma de decisiones y a la acción, que busca determinar la pertinencia, eficacia e impacto del uso de recursos, actividades y resultados en función de objetivos pre-establecidos.

Esto último supone la capacidad de identificar, medir y valorar, los costos y beneficios involucrados. Cuestión que en la práctica no siempre es posible.

Los beneficios y costos que se deben identificar, medir y valorar, son aquellos que resulten relevantes desde el punto de vista del inversionista que desea llevar a cabo el proyecto. Así se distinguen dos tipos de inversionistas, uno es el inversionista privado, en el caso más general, pero cuando el punto de vista de la relevancia de los costos y beneficios es el de todos los agentes económicos que conforman la comunidad nacional, se estará efectuando una evaluación social de proyecto. Con frecuencia este análisis se aplica a políticas y programas que tienen tipos de productos fuera del mercado como, por ejemplo, los mejoramientos en la calidad ambiental.

El análisis costo-beneficio ha conducido a dos vidas entrelazadas. La primera se encuentra entre sus practicantes, economistas de dentro y fuera de las entidades públicas que han desarrollado las técnicas, han tratado de producir los mejores datos y han extendido el campo de acción del análisis. La segunda está entre los políticos y administradores, quienes han establecido las reglas y procedimientos que rigen el uso del análisis costo-beneficio para la toma de decisiones públicas.

Estos procedimientos se han modificado en varias ocasiones a medida que ha evolucionado y se ha desarrollado el análisis costo-beneficio. El estatus y el papel del análisis costo beneficio en los recursos naturales públicos y en la toma de decisiones ambientales ha sido tema de continuas discusiones como también de conflictos políticos y administrativos. Las entidades públicas asesoras (MIDEPLAN y DIPRES) han sido criticadas con frecuencia por tratar de utilizar el análisis costo beneficio para la determinación del presupuestos. Algunos ejecutivos públicos y dirigentes políticos han adoptado la posición de que el análisis costo-beneficio constituye un intento de frustrar el proceso de discusión, la participación ciudadana, la democracia y la toma de decisiones políticas que tendrá lugar alrededor de potenciales programas y proyectos públicos.

La práctica de la evaluación social de proyectos en Chile, ha estado centrada en la evaluación costo beneficio bajo el enfoque de eficiencia, y en bienes y servicios en los que existen mercados observables [2]

Uno de los riesgos que se corre con el uso de este método es que la tendencia a cuantificar los efectos sobreenfatice aquéllos que son valorizables, aún cuando otros efectos intangibles no cuantificados pueden ser tanto o más importantes.

No obstante, a pesar de su historial de altibajos el análisis costo beneficio es actualmente la principal herramienta para la evaluación económica de programas y proyectos públicos, en cualquiera de sus fases, tales como proyectos mejoramientos de puertos, desarrollo urbano, vías férreas, autopistas y caminos, etc.

3.3 ENFOQUES NO ECONÓMICOS. TÉCNICAS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

A pesar de ser el enfoque económico uno de los más extendidos en la evaluación de proyectos, éste no suele ser apropiado cuando se trabaja con aspectos intangibles difícilmente cuantificables desde un punto de vista económico.

Como ya se ha mencionado, la "Teoría de evaluación Multicriterio" comprende 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.

Por tratarse del tema central de este trabajo, estas teorías se tratan en un capítulo aparte a continuación.

4. TÉCNICAS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

Destacan las tres aproximaciones más extendidas en el campo de la Decisión Multicriterio Discreta: La Teoría de Utilidad Multiatributo ("MAUT") basada en los trabajos de Keeney y Raiffa (1976); El proceso Analítico Jerárquico (AHP) basado en los trabajos de Thomas L. Saaty [14], [15], y las técnicas de superación "outrankings", basadas en los trabajos de Bernard Roy (1969, 1985).

Se entiende por Técnicas de Decisión Multicriterio el conjunto de herramientas y procedimientos utilizados en la resolución de problemas de decisión, en los que intervienen diferentes criterios, generalmente en conflicto.

En esencia, la Decisión Multicriterio es una optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un único agente decisor. Puede formularse matemáticamente de la siguiente manera:

$$\max F(x)$$

$x \text{ pert a } X$

donde:

x Es el vector $[x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ de las VARIABLES de decisión. El problema de decisión es el de asignar los "mejores".

X Es la denominada región factible del problema (el conjunto de posibles valores que pueden tomar las variables)

$F(x)$ Es el vector $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x)]$ de las p funciones objetivo que recogen los criterios u objetivos simultáneos del problema.

No obstante existen para ellos métodos específicos como el AHP, entre muchos otros.

CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS MULTICRITERIO

Fijándose en el flujo de información existente entre dos de los actores más destacados del proceso de toma de decisiones, el analista y el decisor (Moreno-Jiménez, 1989), las técnicas multicriterio pueden clasificarse en:

1. Técnicas sin información a priori (generadoras): Son aquellas en las que el flujo de información va desde el analista al decisor. Entre estas técnicas destacan: el método de ponderaciones, el de la ε -restricción y el simplex multicriterio.
2. Técnicas con información a priori: El flujo de información es en el sentido contrario, del decisor al analista.
3. Dentro de este grupo de técnicas se suele hacer otra distinción, según el número de alternativas que tenga el problema: finito o infinito. Si el conjunto de alternativas es infinito se suelen aplicar aproximaciones basadas en optimización, en las que se supone que los distintos objetivos pueden ser expresados en un denominador común mediante intercambios. Destacan en este apartado los métodos de Programación por Compromiso o Programación por Metas. Si el conjunto de alternativas es discreto, hacemos la siguiente diferenciación:
 - i. Métodos de Agregación: En este tipo de Métodos se modelizan las preferencias a través de una función valor:

- Directos: Teoría de Utilidad Multiatributo (MAUT).
 - Jerárquicos: Proceso Analítico Jerárquico (AHP).
- ii. Métodos basados en relaciones de orden: Se modelizan las preferencias a través de un sistema de relaciones binarias:
- Métodos de Superación (MS)[^]
4. Técnicas en las que el flujo de información es en los dos sentidos, dando lugar a las denominadas técnicas interactivas. Dentro de este conjunto de métodos, los más utilizados han sido: STEM y Método de Ziots-Wallenius. En la actualidad, casi todos los métodos pueden considerarse dentro de este último grupo, bastando para ello que el decisor revise sus juicios dentro del proceso de toma de decisiones.

Respecto de los tres métodos discretos mencionados anteriormente, se puede indicar que, a pesar de los duros enfrentamientos que han tenido los respectivos seguidores, recientemente se está buscando la integración de las mismas, o por lo menos, la integración de las dos técnicas consideradas de la escuela americana (MAUT y AHP).

Aquellos problemas en los que el conjunto de alternativas es finito, además de discreto y, cuya decisión se basará en las diversas características o atributos de las alternativas respecto de los criterios de decisión relevantes, se llaman Decisión Multicriterio Discreta y les son aplicables algunos de los métodos de la Decisión Multiobjetivo. No obstante existen para ellos métodos específicos como el AHP, entre muchos otros.

5. METODOLOGÍA: EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO

El proceso analítico jerárquico (AHP), es una metodología de análisis multicriterio desarrollada a fines de la década del 70 por el doctor en matemáticas Thomas L. Saaty. Con el tiempo se transformó en una de las metodologías multicriterio de mayor aplicación práctica, ese es el motivo por el cual se seleccionó para la aplicación objeto de este trabajo.

El AHP involucra todos los aspectos del proceso de toma de decisiones: Modela el problema a través de una estructura jerárquica, utiliza una escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro, de este modo combina la multiplicidad de escalas correspondientes a los diferentes criterios, sintetiza los

[^] "Outranking" (inglés).

juicios emitidos y entrega un ranking u ordenamiento de las alternativas de acuerdo a los pesos obtenidos (prioridades).

Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, de la cual destacan tres principios básicos:

- El principio de la construcción de jerarquías
- El principio del establecimiento de prioridades
- El principio de la consistencia lógica

Los sistemas complejos pueden ser mejor comprendidos mediante su descomposición en elementos constituyentes, la estructuración de dichos elementos jerárquicamente, y la composición o sintetización de los juicios, de acuerdo con la importancia relativa de los elementos de cada nivel de jerarquía más simples son lineales, ascendiendo o descendiendo de un nivel a otro.

Las jerarquías que trata el método de AHP son aquellas que conducen un sistema hacia un objetivo deseado como la solución de conflictos, un desempeño eficiente o la felicidad total.

Cada conjunto de elementos en una jerarquía como la antes mencionada ocupa un nivel de la jerarquía, El nivel superior llamado Foco, consta solamente de un elemento: el objetivo amplio y global, Los niveles siguientes pueden tener cada uno diversos elementos, aunque su cantidad es generalmente de pequeña -entre cinco y nueve elementos. Debido a que los elementos de un nivel deberán compararse uno con el otro en función de un criterio del nivel superior siguiente, los elementos de cada nivel deben ser del mismo orden de magnitud.

El segundo principio que destaca de este método multicriterio es el establecimiento de prioridades entre los elementos de la jerarquía. Se propone una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen entre sus componentes. Los seres humanos perciben relaciones entre los elementos que describen una situación, pueden realizar comparaciones a pares entre ellos con respecto un cierto criterio y de esta manera expresar la preferencia de uno sobre otro. La síntesis del conjunto de estos juicios arroja la escala de intensidades de preferencias (prioridad) entre el total de elementos comparados. De esta forma es posible integrar el pensamiento lógico con los sentimientos, la intuición, (que es reflejo de la experiencia) los juicios que son ingresados en las comparaciones a pares responden a estos factores.

De acuerdo a lo anterior, el primer paso para establecer las prioridades es realizar comparaciones a pares entre elementos de un mismo nivel con respecto del elemento de nivel superior de que dependen. Las matrices de comparación

resultan ser la forma más conveniente para esta etapa del proceso, en cada elemento de la matriz se ingresa el valor de la preferencia del elemento, por sobre el elemento. De acuerdo con el procedimiento matemático propuesto por la metodología, una vez completadas las matrices de comparación la obtención de las prioridades se transforma en un problema de vectores y valores propios (la justificación de esta aseveración se señala más adelante) donde el vector propio asociado al mayor valor propio de cada matriz de comparaciones representa el ranking u orden de prioridades mientras que el mayor valor propio es una medida de la consistencia del juicio.

El tercer principio del pensamiento analítico es la consistencia lógica. Los seres humanos tienen la capacidad de establecer relaciones entre los objetos o las ideas, de manera que sean consistentes - es decir, que se relacionen bien entre sí y sus relaciones muestren congruencia. En este sentido consistencia implica dos cosas: transitividad y proporcionalidad; la primera es que deben respetarse las relaciones de orden entre los elementos, es decir, si A es mayor que C y C es mayor que B entonces la lógica dice que A es mayor que B. La segunda es que las proporciones entre los ordenes de magnitud de estas preferencias también deben cumplirse con un rango de error permitido. Por ejemplo si A es 3 veces mayor que C y C es dos mayor que B entonces A debe ser 6 veces mayor que B, este sería un juicio 100% consistente (se cumple la relación de transitividad y de proporcionalidad).

La escala a que se hace referencia existe en el inconsciente, no está explícita y sus valores no son números exactos, lo que existe en el cerebro es un ordenamiento jerárquico para los elementos. Dada la ausencia de valores exactos para esta escala la mente humana no está preparada para emitir juicios 100% consistentes (que cumplan las relaciones de transitividad y proporcionalidad). Se espera que se viole la proporcionalidad de manera tal que no signifique violaciones a la transitividad.

TABLA 1 ESCALA FUNDAMENTAL PARA COMPARACIONES A PARES.
FUENTE: "TOMA DE DECISIONES PARA LIDERES" (THOMAS SAATY).

INTENSIDAD	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual	Dos actividades contribuyen de igual forma al cumplimiento del objetivo
3	Moderada	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Para transar entre los Valores anteriores	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes
Recíprocos	Si la actividad i se le ha asignado uno de los números distintos de cero mencionados cuando se compara con la actividad j, entonces j tiene el valor recíproco cuando se la compara con i ($a_{ij} = 1/a_{ji}$)	Hipótesis del método

En la tabla 1 se definen y explican los elementos que forman la escala recomendada para las comparaciones a pares entre los elementos de los niveles de la jerarquía, los valores en ella contenidos representan una escala absoluta, con los que se puede operar perfectamente. En todo caso cabe señalar que el método es independiente de la escala utilizada.

De esta manera el Análisis Jerárquico de Procesos integra aspectos cualitativos y cuantitativos en un proceso único de decisión, en el que es posible incorporar simultáneamente valores personales y pensamiento lógico en una estructura única

de análisis de modo de convertir el proceso que ocurre naturalmente en nuestra mente en un proceso explícito, facilitando y promoviendo la toma de decisiones bajo escenarios multicriterios, promoviendo resultados más objetivos y confiables.

Un supuesto importante implícito en este modelo es que es necesario partir de la base que no existe la decisión "correcta e inmutable" (como si se tratara de un sistema de ecuaciones donde se deba despejar y encontrar el valor exacto de x), esto queda determinado por las percepciones de quienes participan en el proceso, de esta manera las decisiones son subjetivas y dependen de los valores y objetivos personales, del momento, etc. Hay que recordar que los juicios considerados en la evaluación están sujetos a las condiciones impuestas por el escenario existente al momento de realizar el análisis, las decisiones propuestas por el modelo son válidas para esa realidad, en ese instante de tiempo. Para otras circunstancias (otro escenario) es probable que la importancia relativa de los criterios sea diferente.

5.1. PROCEDIMIENTO

Para determinar la mejor decisión. el método AHP requiere:

1.- Definición del problema: En esta etapa debe quedar claramente definido el objetivo general del proceso de decisión junto con los actores involucrados en él. Además se debe entregar una descripción del ambiente en que se desarrollará el estudio, sus características socio-económicas, ambientales, culturales, etc. dependiendo de los parámetros afectados por los proyectos en cuestión.

2.- Definición de actores: Los participantes involucrados en el proceso de decisión, deben ser cuidadosamente seleccionados, ya que de estos depende la representatividad del resultado del modelo.

3.- Estructurar el problema de decisión en un modelo de jerarquía (Jerarquizar): En esta etapa se debe construir una estructura jerárquica que involucre todos los aspectos de interés, para la jerarquización de las alternativas.

4.- Selección de las alternativas factibles: Dentro de todas las posibilidades de proyectos alternativos se seleccionan aquellos que son factibles de realizar bajo un punto de vista de análisis general, donde se consideran criterios tales como la factibilidad técnica o económica.

5.- Construcción del modelo jerárquico: Se estructura el problema planteado en una jerarquía de criterios y alternativas. Para esto es necesario definir en una primera instancia los criterios estratégicos que participan en la decisión (Políticos, económicos, sociales, medioambientales, etc.). Por lo general estos

criterios son a nivel macro y representan los objetivos perseguidos por el proyecto. Una vez hecho esto, se procede a desglosar cada uno de los criterios definidos en la etapa anterior hasta llegar a un nivel de especificación que permita un fácil análisis y la comparación de las alternativas.

6.- Ingreso de los juicios: En base a la información obtenida o a la percepción de los actores del proceso se ingresan los juicios para cada par de elementos. Se comienza del primer nivel, dónde se encuentran los criterios estratégicos, se compara su importancia relativa con respecto del logro del objetivo general, luego se desciende en los niveles jerárquicos, siempre realizando comparaciones de a pares referidos al nivel inmediatamente superior, hasta llegar al último nivel donde se encuentran las alternativas, las que son evaluadas en base a criterios técnicos más fáciles de tratar.

7.- Síntesis de los resultados: Como se explicó en los párrafos anteriores, por medio de comparaciones entre pares de elementos con respecto a su nivel inmediatamente superior y, gracias a la propiedad de transitividad entre los elementos, es posible establecer un ranking de prioridades para las diferentes alternativas, ranking que, dependiendo de la problemática, enfrentada representa la decisión a adoptar.

8.- Validación de la decisión: Para otorgar mayor confiabilidad a la decisión se debe establecer el rango de variación del peso relativo de los criterios estratégicos que soporta la decisión sin cambiar de alternativa propuesta, para esto se realiza un análisis de sensibilidad dónde se analizan diversos escenarios posibles, determinando los puntos de corte para el peso de cada uno de los criterios.

Cabe destacar que todo este proceso debe estar muy bien documentado, cada una de las etapas debe contar con la información suficiente para su desarrollo y justificación.

5.2. JUSTIFICACIÓN INTUITIVA DEL MÉTODO

De acuerdo a lo establecido anteriormente sobre el proceso analítico jerárquico, una vez que se ha construido el modelo jerárquico, en donde se incorporen los diferentes criterios y alternativas relevantes para el proceso de decisión en cuestión y se han ingresado los juicios correspondientes a la comparaciones a pares entre los diferentes elementos del modelo, el problema se reduce al cálculo de valores y vectores propios los que representarán las prioridades y el índice de consistencia del proceso respectivamente.

Por lo general se tiene:

$$A * w = \lambda * w$$

Donde:

A = Matriz recíproca de comparaciones a pares (juicios de importancia/preferencia de un criterio sobre otro)

W = Vector propio

λ = Máximo valor propio

Para la justificación del por qué las prioridades para un proceso de toma de decisiones, estructurado de esta forma, quedan determinadas por la solución de un problema de vectores y valores propios, es necesario recurrir a nociones básicas de matemáticas y de álgebra lineal.

En primer lugar supóngase que es posible realizar mediciones exactas para los Juicios.

Supongamos un conjunto de n bolitas de distinto peso.

Sea: w_i = Peso de la bolita c_i

a_{ij} = Juicio de la comparaciones emitidas, c_i es a_{ij} veces c_j .

En este caso en particular: $a_{ij} = w_i / w_j$ entonces se tiene:

$$[A] = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_3} \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

En este caso se cumple:

$$A * w = n * w,$$

Donde w es el vector propio de $[A]$.

En esta oportunidad se realizó una simplificación de lo que ocurre en los procesos de decisión, para los cuales es muy poco probable que los a_{ij} sean valores exactos ya que representan juicios humanos emitidos en la mayoría de las veces como variables cualitativas.

El hecho de asumir que a_{ij} es un valor exacto es conceptualmente erróneo si se considera que lo que pretende este valor es representar la percepción de la persona que toma la decisión.

Continuando con el ejemplo, supóngase ahora que no es posible obtener un valor exacto para el peso de cada bolita, w_i , en el caso exacto se tiene que:

$a_{ij} = w_i / w_j$ entonces $w_i = a_{ij} * w_j$. En el caso de aproximado se tiene $w_1 \approx a_{12} * w_2 \approx a_{13} * w_3 \approx a_{1n} * w_n$. Al aplicar la ley de los grandes números:

En general: $w_i = (1/n) * \sum a_{ij} * w_j$

(el promedio de la muestra es el mejor valor).

En este caso se cumple con el caso ideal, pero se restringe demasiado el sistema para encontrar el vector de prioridades W que cumpla con estas relaciones, por lo tanto es necesario relajar un poco más el sistema.

Para el caso de buenas estimaciones a_{ij} tiende al valor w_i / w_j por lo que se dice que a_{ij} es una pequeña perturbación de w_i / w_j . Si a_{ij} cambia, w_i y w_j pueden cambiar para ajustarse al nuevo valor, si n también cambia.

El problema queda planteado entonces como:

$$w_i = \left(\frac{1}{\lambda_{\max}} \right) * \sum_j a_{ij} * w_j$$

Donde λ_{\max} es una relajación de n , de esta manera

$$\sum_j a_{ij} * w_j = \lambda_{\max} * w_i$$

matricialmente

$$A * w = \lambda * w$$

Este es precisamente el problema de valores y vectores propios planteado al comienzo de la sección. Dado que la matriz $[A]$ es recíproca ($a_{ij} = 1/a_{ji} \forall i, j$) el problema tiene solución y es único, además esto asegura su estabilidad (pequeñas perturbaciones en a_{ij} generan modificaciones menores en λ_{MAX} y W).

La solución $a_{ij} = w_i / w_j$ al problema $[A] * W = \lambda * W$ supone total consistencia de los juicios, hecho que en la realidad es muy difícil de encontrar, al transformar el problema de modo que $[A'] * W' = \lambda_{MAX} * W'$, se está frente a una situación más realista. Aquí λ_{MAX} es el mayor valor propio de $[A']$ y $[A']$ es la matriz recíproca de las comparaciones a pares formada por los a_{ij} que constituyen estimaciones de los w_i / w_j .

5.3. AXIOMAS PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO.

Es importante destacar, que el modelo jerárquico empleado para un determinado proceso de decisión debe cumplir cuatro axiomas principales. Sólo de esta manera son posibles y tienen real sentido los fundamentos teóricos expuestos en el punto anterior.

RECIPROCIDAD.

Axioma 1: Dadas dos alternativas A_i y $A_j \in A \times A$, la intensidad de la preferencia de A_i sobre A_j es inversa a la intensidad de preferencia de A_j sobre A_i .

HOMOGENEIDAD

Axioma 2: Cuando se comparan dos alternativas, el tomador de decisión nunca juzga a una como infinitamente superior a la otra, bajo ningún criterio. De otra forma; para comparar dos elementos de acuerdo a un criterio dado, hay que disponer de una escala acotada.

Bajo el contexto metodológico, la homogeneidad apunta a que los elementos a comparar deben ser de un mismo orden de magnitud. Al construir el modelo jerárquico todos los elementos hijos (que se desprenden) de un determinado elemento deben ser parecidos, si en un modelo, los subcriterios que describen

completamente al criterio padre, no cumplen esta condición es necesario agregar niveles intermedios para separar los distintos órdenes de magnitud.

DEPENDENCIA

- Axioma 3: Los problemas de decisión pueden ser formulados como una jerarquía.

Este axioma apunta a la posibilidad de comparar elementos en la jerarquía, es necesario tener controlada la dependencia entre los elementos de dos niveles consecutivos (externo - dependencia) y dentro de un mismo nivel (interno dependencia). Un modelo jerárquico se caracteriza por que sus elementos tienen externa dependencia unidireccional, es decir, los hijos dependen de sus padres y no hay relación entre ellos.

EXPECTATIVAS

Axioma 4: La jerarquía es un modelo que representa todos los criterios y alternativas.

Este axioma está relacionado con la necesidad de agregar o eliminar alternativas a modo de representar fielmente la percepción de los actores involucrados en el proceso de decisión.

Los axiomas anteriores constituyen el marco que delimita como abordar las dos principales tareas del método AHP: formular y resolver el problema como una jerarquía y explicitar los juicios en forma de comparaciones de a pares.

La explicitación de prioridades para cierto set de alternativas bajo un criterio dado, implica completar una matriz de $n \times n$, donde n es el número de alternativas a comparar. Sin embargo, dado que las comparaciones son recíprocas por el Axioma 1, sólo se necesita hacer $n(n-1)/2$ comparaciones de a pares.

5.4. RESPALDO TEÓRICO

Además de los axiomas sobre los que se sustenta la metodología, los procedimientos de cálculo de los ponderadores y la verificación de la consistencia de los mismos, están respaldados por teoremas completamente demostrados y aceptados en el ambiente de las ciencias desde hace mucho tiempo. Los principios del proceso analítico jerárquico derivan de la economía, la investigación de operaciones, teoría de grafos, teoría de organizaciones, teoría de las medidas y el

álgebra lineal, siendo esta rama de las matemáticas uno de sus principales pilares; en consideración con esto, a continuación se señalan algunos de los teoremas que respaldan el método.

Def : Una matriz es recíproca si se cumple:

$$[A] = a_{ij} , \text{ donde } a_{ij} > 0 \forall i, j$$

$$a_{ij} = 1/a_{ji}$$

Def : Una matriz $[A]$ se dice consistente si cumple:

$$A_{ik} = a_{ij} a_{jk} \forall i, j$$

TEOREMA 1: (PERRON - FROBENIUS)

Si $[A]$ es recíproca positiva, entonces:

- $[A]$ tiene un valor propio real, positivo y simple λ_{\max} , que no es excedido en el módulo por ningún otro valor propio, real o complejo.
- Todas las componentes del vector propio w asociado a λ_{\max} , son positivas.
- λ_{\max} , (conocido como la raíz de Perron) cumple con la desigualdad:

$$\text{Min}_i \{ (Aw)_i / w_i \} < \lambda_{\max} < \text{Máx}_i \{ (Aw)_i / w_i \}$$

TEOREMA 2:

λ_{\max} se encuentra entre los valores de la menor y la mayor de las sumas de las filas de $[A]$ es decir:

$$\text{Min}_i (\sum a_{ij}) < \lambda_{\max} < \text{Máx}_i (\sum a_{ij})$$

TEOREMA 3:

Para una matriz $[A]$ en que $a_{ij} = 1 \forall i, j$ se tiene que:

$$\lambda_{\max} \geq \text{Rango } [A]$$

TEOREMA 4:

Sea λ_{\max} el mayor valor propio de $[A]$, y w el vector propio asociado si $e^t = (1, 1, \dots, 1)$ entonces:

$$\{w\} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{[A]^k \cdot e}{e^t \cdot [A]^k \cdot e} ; \text{ este límite siempre existe para este tipo de matriz.}$$

TEOREMA 5:

a) Si $[A]$ es una matriz recíproca consistente, el vector propio principal está dado por cualquiera de sus columnas.

b) Si $[A]$ es recíproco inconsistente, el vector propio principal w está dado por:

$$\{W\} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{[A]^k \cdot h_j}{\sum_i [A]^k} \quad \text{con } h, j, k=1, \dots, n$$

Este teorema entrega un método aproximado para calcular el vector propio:

- Multiplicar $[A]$ por sí misma las veces que sea necesario.
- Sumar sobre una columna.
- Normalizar.

5.5. SIGNIFICADO DEL VECTOR PROPIO PRINCIPAL

El vector propio principal se asocia con la idea de dominio y el valor propio con la idea de consistencia de los juicios.

La teoría de grafos explica también esta situación:

$$\text{Sea } [A] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & a \\ \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ \frac{1}{a} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

El grafo que representa esta matriz, contiene el arco extra entre los nodos i, j los valores a_{ij} esto se denomina intensidad del arco i, j

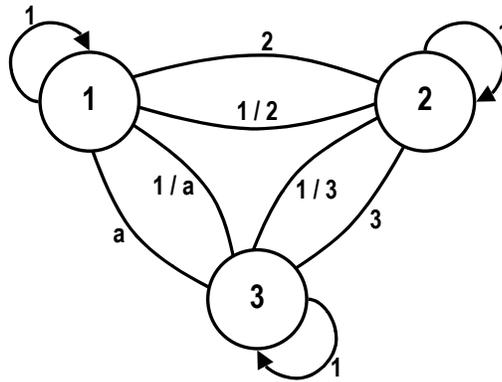


FIGURA 2

“La prioridad se aprecia como la intensidad del recorrido y es definida como el producto de las intensidades de los arcos del recorrido”.

La matriz [A] puede interpretarse como la matriz con la intensidad de los recorridos de largo 1

Si $a = 6$

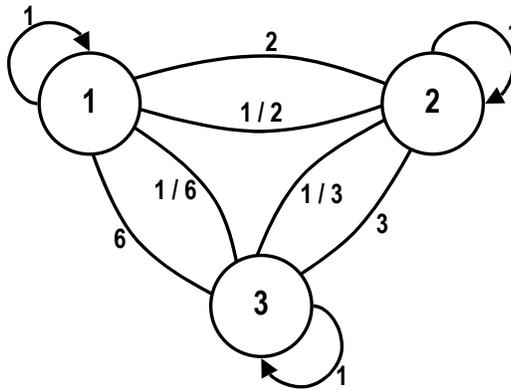


FIGURA 3

¿Cómo ir de 1 a 1 en dos pasos?

$$1 - 1 - 1 = 1 * 1 = 1$$

$$1 - 2 - 1 = 2 * 1/2 = 1$$

$$1 - 3 - 1 = 1/6 * 6 = 1$$

Luego la intensidad de preferencia del nodo 1 con respecto del nodo 1, considerando los efectos de 2° orden de los otros nodos es 3.

¿Cómo ir de 1 a 2 en dos pasos?

$$1 - 1 - 2 = 1 \cdot 2 = 2$$

$$1 - 2 - 2 = 2 \cdot 1 = 2$$

$$1 - 3 - 2 = 6 \cdot \frac{1}{3} = 2$$

Entonces $a_{12}^2 = 6$, por lo tanto la intensidad de preferencia del nodo 1 con respecto al nodo 2 considerando los efectos de 2º orden es 6.

Denotando $[A]^k = a_{ij}^k$ la matriz de las intensidades de preferencia de recorridos de largo k se tiene:

$$\text{Sea } [A] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 6 \\ \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Sea } [A]^2 = \begin{bmatrix} 3 & 6 & 18 \\ \frac{3}{2} & 3 & 9 \\ \frac{1}{2} & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\text{Sea } [A]^3 = \begin{bmatrix} 9 & 18 & 54 \\ \frac{9}{2} & 9 & 27 \\ \frac{1}{2} & 3 & 9 \end{bmatrix}$$

A medida que aumenta k se consideran más y más interacciones entre los nodos.

La columna j de $[A]^k$ contiene la intensidad de preferencia global a lo largo de recorridos de largo k vistos desde el nodo j. La columna j normalizada, representa la importancia relativa de los demás nodos a lo largo de recorridos de largo k con respecto del nodo j.

En el caso consistente ($a = 6$), cada columna de $[A]^k$ normalizada representa las preferencias relativas que se obtienen al normalizar las columnas de $[A]^k$.

Ejemplo para normalizar $[A]^2$:

Columna 1 se divide por

$$5 = 3 + 3/2 + \frac{1}{2}$$

Columna 2 se divide por

$$10 = 6 + 3 + 1$$

Columna 3 se divide por

$$30 = 18 + 9 + 3$$

Quedando así:

$$3 \rightarrow 3 / 5 = 0,6$$

$$6 \rightarrow 6 / 10 = 0,6$$

$$18 \rightarrow 18 / 30 = 0,6$$

$$3 / 2 \rightarrow 3 / 10 = 0,3 \quad 3 \rightarrow 3 / 10 = 0,3$$

$$9 \rightarrow 9 / 30 = 0,3$$

$$1 / 2 \rightarrow 1 / 10 = 0,1 \quad 1 \rightarrow 1 / 10 = 0,1$$

$$3 \rightarrow 3 / 30 = 0,1$$

Si $[A]$ no es consistente, tomando $a = 4$ por ejemplo, entonces los recorridos de largo 1 tienen distintas intensidades relativas, ya que dependen del nodo utilizado como referencia.

Así a medida que $k \rightarrow \infty$ las columnas normalizadas de $[A]^k$ $\{0,6; 0,3; 0,1\}$ tienden a los pesos w^k $\{0,558; 0,32; 0,122\}$ de los nodos del grafo.

Es decir, el vector principal está dado por el límite de las intensidades normalizadas de recorridos de largo k

$$w_i = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{a_{ij}(k)}{\sum_j a_{ij}(k)} \quad i, h = 1, \dots, n$$

5.6. RELACIÓN ENTRE CONSISTENCIA Y PRIORIDADES

Sea la jerarquía H :

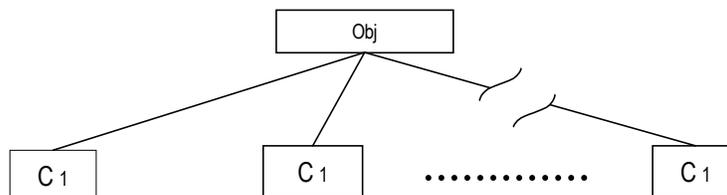


FIGURA 4

Y la matriz de comparaciones a pares de criterios [A], correspondiente a:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Donde a_{ij} indica la importancia de c_i con respecto a c_j , en cuanto a la característica o propiedad del elemento inmediatamente superior de la jerarquía.

Si los juicios del actor fueran exactos se cumpliría:

$A_{ik} = a_{ij} a_{jk} \forall i, j$; es decir, la matriz de las comparaciones a pares [A] sería consistente.

La consistencia impone 2 propiedades simultáneamente.

- a) Transitividad de las preferencias: Los juicios emitidos deben respetar las condiciones de transitividad que se producen al comparar más de dos elementos, es decir: si C_1 , es mejor que C_2 , y C_2 es mejor que C_3 entonces se espera que C_1 , sea mejor que C_3 .
- b) Proporcionalidad de las preferencias: Juicios enteramente consistentes implican que además de verificarse las relaciones de transitividad se respeta la proporcionalidad entre ellos, es decir: si C_1 , es 3 veces mejor que C_2 , y C_2 es 2 veces mejor que C_3 entonces se espera que C_1 sea 6 veces mejor que C_3

[A] es consistente cuando las comparaciones a pares se basan en medidas exactas, es decir, cuando los pesos w_1, \dots, w_n . Son conocidos y se obtiene $a_{ij} = w_i / w_j$. En este caso es necesario comparar $n-1$ objetos y los a_{ij} restantes son factibles de determinar mediante la relación de consistencia. Por ejemplo, de la propiedad b) se puede deducir que si:

$$C_1 = 4C_2 \text{ y } C_1 = 2C_3 \text{ entonces } C_2 = \frac{1}{2} C_3$$

La situación hasta aquí descrita es el caso ideal, pero en la práctica los juicios humanos casi nunca son perfectos, es muy difícil disponer de medidas exactas para los w_i , sobre todo en procesos de toma de decisiones donde, por lo general, existe una gran cantidad de variables cualitativas. Hay que recordar además, que

los criterios de primer nivel de una jerarquía son de carácter estratégico. En este tipo de comparaciones la prioridad no queda determinada por una medida absoluta si no que depende exclusivamente de las apreciaciones de quienes participen en el proceso. Lo que pretende el método es capturar la percepción de los actores, es eso lo que se refleja en los resultados, dos personas enfrentadas a la misma situación no necesariamente tienen la misma percepción de ella, tienen objetivos distintos, valores diferentes, etc. lo que en definitiva se traduce en juicios y prioridades distintas.

El concepto de consistencia va asociado a la existencia en nuestra mente de una escala implícita para cada set de juicios que se utilizan para expresar la intensidad de las preferencias al hacer las comparaciones a pares, los juicios emitidos por los actores son estimaciones de las proporciones que se derivan de dicha escala.

Para un set de comparaciones, violaciones a la consistencia implican generalmente violaciones a la proporcionalidad no significando necesariamente violaciones a la transitividad. Dado que la probabilidad de que una persona emita juicios perfectos es baja (nuestro cerebro no está programado para ser 100% consistente, de otro modo no sería capaz de integrar nueva información y cambiar las relaciones existentes), es necesario permitir un pequeño margen de inconsistencia, a medida que aumenta el número de elementos a comparar (no debe ser superior a nueve, cantidad máxima que es capaz de manejar efectiva y simultáneamente el cerebro) el nivel de inconsistencia permitido aumenta, pero en ningún caso debe exceder el 10%.

La relación de reciprocidad es absolutamente necesaria para que la consistencia se cumpla, si se viola esta relación es imposible obtener consistencia.

Si es recíproca y consistente implica que existe un vector (w) donde:

$$W_i / w_j = a_{ij} \text{ y } [A] * (w) = n * (w)$$

Dado que $\sum \lambda_i = \sum a_{ii} = n$ (teoría de matrices) y que el número de valores propios no nulos de una matriz $[A]$ recíproca y consistente es el rango $[A] = 1$ entonces se tiene que n es el "único" valor propio de $[A]$.

Al considerar la pérdida de consistencia de la matriz $[A]$ como una perturbación se genera $[A']$, para este caso se cumple que:

$$[A'] * (w') = \lambda_{\max} * (w') \text{ con } (w') \text{ vector propio principal y } \lambda_{\max} \geq n$$

Pequeñas variaciones en a_{ij} implican pequeñas perturbaciones en λ_{\max} por lo que la desviación de λ_{\max} con respecto de n es una buena medida de la consistencia de los juicios.

Consistencia $\Leftrightarrow a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$

$$\Leftrightarrow \lambda_{\max} = n = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

$$s i \lambda_i = \lambda_{\max} \Rightarrow n = \sum_{i \neq j} \lambda_i + \lambda_j \Leftrightarrow \sum_{i \neq j} \lambda_i = 0$$

Si no hay consistencia:

$$\sum_{i \neq j} \lambda_i \neq 0$$

Por lo tanto: se define "Indice de Consistencia" como:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)}$$

Es decir, el promedio de los valores propios distintos de λ_{\max} es un buen indicador del grado de consistencia. IC mide la dispersión de los juicios del actor en la matriz [A].

El 10% de inconsistencia aceptado, es en relación a la comparación entre el del índice de [A] con el valor de un índice de referencia generado en forma estadística de un conjunto extenso de matrices recíprocas, que se han llenado con juicios aleatorios.

La inconsistencia del actor (RC) se mide como: IC /IR, donde IR es el dato estadístico del índice IC que se obtiene cuando las comparaciones de a pares se generan al azar.

Se considera que la consistencia del actor es aceptable cuando $RC < 10\%$, este valor depende también de la dimensión de la matriz de comparaciones, es decir, del número de comparaciones (NC) necesarias para llenar totalmente la matriz. Este número esta dado por:

$$NC = \frac{n \cdot (n - 1)}{2}$$

Donde:

NC : número de comparaciones

n : dimensión de la matriz.

Las evaluaciones a pares deberán realizarse nuevamente en caso de que la inconsistencia este por sobre el 10%. El ejercicio recurrente de pesar mejora sustancialmente la consistencia, haciendo que en pocas repeticiones se consiga influir sobre el índice de consistencia.

6. APLICACIÓN: PROYECTOS DE DEPORTES

6.1. PREPARACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AHP

6.1.1. DEFINICIÓN DE LOS PARTICIPANTES

Chiledeportes tiene incidencia directa en la priorización de proyectos relacionados con fondos concursables y con donaciones de privados. Mideplan es un organismo que participa en estas decisiones, mediante un experto que asesora y aprueba las decisiones que se toman en los concursos.

Es por ello que se consideró a 3 personas que serán importantes para la realización de los distintos procesos de la metodología; de estas personas 2 pertenecen a Chiledeportes y una al Mideplan.

En Chiledeportes se entrevistó a:

- José Miguel Campos (Jefe departamento Inversiones Chiledeportes);
- Guillermo Unnasch (Arquitecto jefe departamento Infraestructura Chiledeportes);

Por parte del Mideplan es la señorita:

- Marcela González (Asesora Mideplan para Chiledeportes)

Los comentarios de los expertos, en general, acerca de los criterios son los que se desprenden de la Política nacional del Deporte y la Ley del Deporte.

6.1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Existen diversas fuentes para obtener la información requerida para la correcta aplicación de la metodología, dentro de estas se pueden considerar: la información

disponible en la actualidad acerca de la priorización de los proyectos, la política nacional del deporte, la ley del deporte y absolutamente indispensable la propia participación los expertos.

6.1.2.1. INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LA POLÍTICA NACIONAL DEL DEPORTE

Los temas debatidos y los resultados objetivos que han caracterizado el Deporte en los últimos años evidencian una situación deficiente, que demandan una planificación y esfuerzo destinados a provocar, en el mediano y largo plazo, una transformación profunda en la concepción y principales lineamientos de la actividad física y deportiva nacional.

A partir de la nueva Ley del Deporte se han establecido las orientaciones y procedimientos básicos para la implementación de una Política que señale los objetivos, énfasis y prioridades que debe asignarse a la actividad física y al deporte.

LOS FUNDAMENTOS

- 1- Promoción del bien común
- 2- Orientación de mercados deportivos
- 3- Fiscalización y regularización
- 4- Visión y estrategia común de país
- 5- Modernización permanente

Los Principios

- 1- Igualdad de oportunidades
- 2- Equidad social y derecho al deporte y la actividad física
- 3- Ética y cultura deportiva
- 4- Descentralización y desconcentración
- 5- Participación de la comunidad
- 6- Autonomía y libertad de asociación
- 7- Subsidiariedad

6.1.2.2. INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LA LEY DEL DEPORTE

La Ley del Deporte esta estructurada en 5 títulos (ó temas), relacionados con las definiciones, la estructura y los fondos dados a Chiledeportes para operar.

Dentro de los aspectos relevantes a tener en cuenta y que se desprenden de la lectura de esta, se encuentran los siguientes puntos:

- Asegurar el deporte en edades críticas, tales como: edad escolar, niños y adultos mayores.
- Comprometer en actividades físicas a grupos sociales de alto riesgo.
- Criterios de elegibilidad propuestos para proyectos presentados a concurso, tales como: población regional, situación socio-económica, índices de seguridad ciudadana, alcoholismo y drogadicción, factores geográficos o medioambientales, índices de actividades físicas, etcétera.
- Dentro de los criterios de evaluación, se deben considerar aspectos técnicos y financieros, impacto social y deportivo y la relación costo beneficio.

6.2. ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO JERÁRQUICO

6.2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Como se ha mencionado el problema radica en la selección y priorización de proyectos de infraestructura deportiva presentados a Chiledeportes y que debido al gran número de ellos y a las diversas características a considerar en sus evaluaciones, hacen de esta selección un tema sumamente complicado. Se debe considerar además que la cartera de proyectos recomendados por Mideplan que pasan a Chiledeportes ha ascendido a cerca de cien, por lo tanto es necesario realizar una efectiva selección de estos en forma clara y transparente.

6.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS

El proceso para la identificación de los criterios fue sin lugar a dudas aquel que requirió del mayor tiempo, debido a la necesidad de concertar reuniones individuales con los expertos. En la primera sesión de estas entrevistas se buscó introducir al experto en la metodología AHP, luego se procede a la conversación relacionada con los criterios que ellos perciben como particularmente importantes para la priorización de los proyectos. Las sesiones siguientes tienen por objetivo generar el consenso de jerarquías propuestas por el facilitador, conocer la opinión de su relevancia y posibilidades de mantenerlas o retirarlas del modelo.

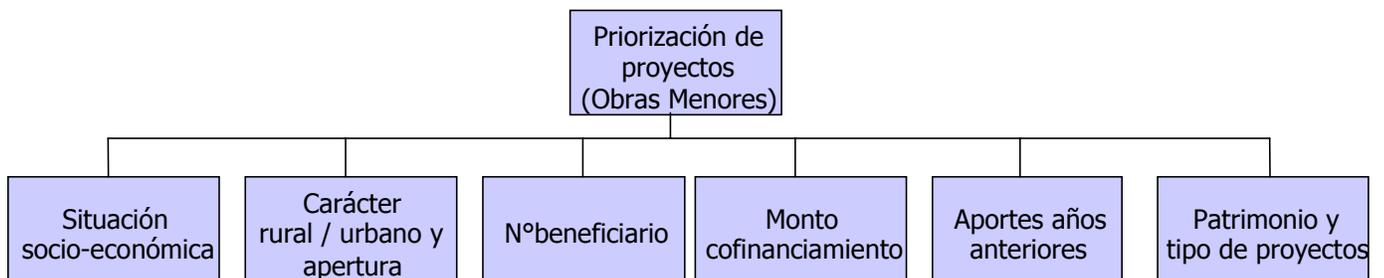
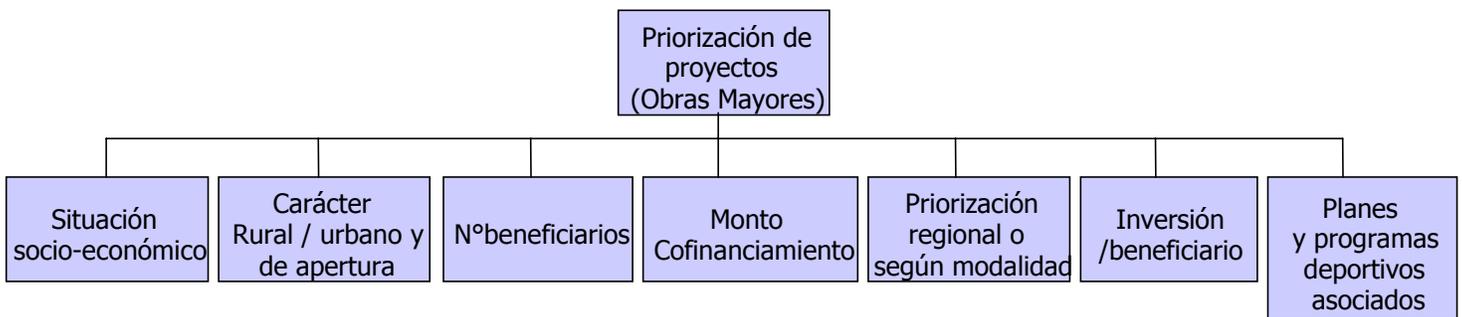
De esta manera después de reiteradas rondas de entrevistas, se logró el consenso en la jerarquía deseada para los concursos venideros. Es preciso señalar

que cada uno de los elementos en los últimos niveles necesita una forma de catalogar las intensidades de su función, por lo que fue necesario generar algunos indicadores que deben ser requeridos y establecidos en las próximas bases de los concursos venideros.

A continuación se describe la jerarquía obtenida y de manera introductoria aquella que se desprende del concurso del año anterior (2001), la cual sin embargo posee otra metodología de priorización, no obstante es posible definirla mediante una jerarquización tipo AHP. Esta servirá para un análisis comparativo posterior.

A. Modelos Jerárquicos

A.1. Modelo Jerárquico para priorización ultimo concurso

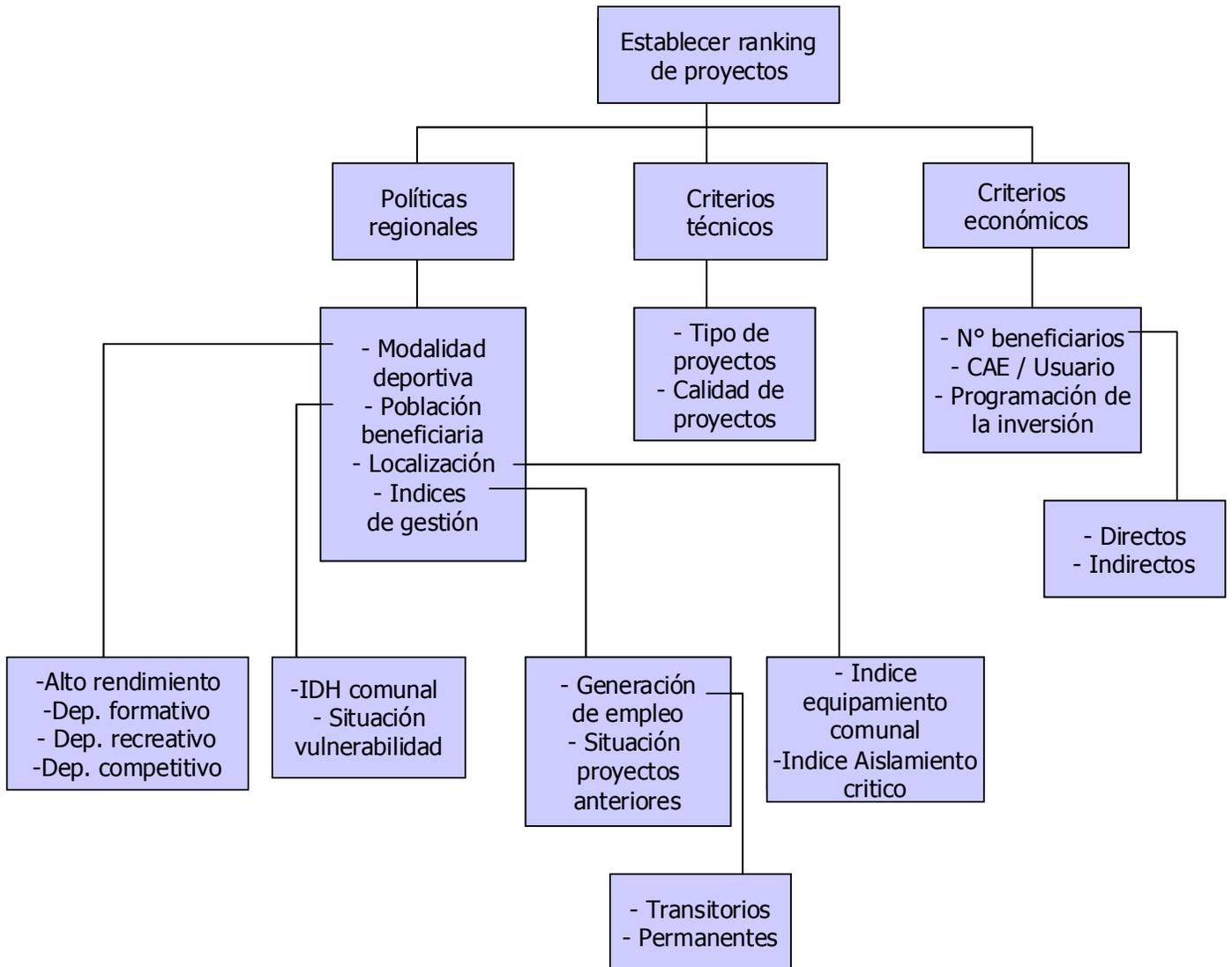


La razón para la existencia de dos jerarquías proviene en la diferencia que se realizó de acuerdo a los montos de inversión en los proyectos. Un proyecto se considera del tipo obras menores si considera un costo total de ejecución no superior a los \$3.500.000. Los montos de inversión superiores a estos pertenecen a categorías obras mayores.

Cuadro Resumen de los criterios en la jerarquía anterior

Criterios	Tipo de variable	Descripción
Numero beneficiarios	Cuantitativa	Dice relación con el numero de personas a las cuales beneficia el proyecto.
Situación socio-económica	Cuantitativa	Este criterio pretende asignar una distinción mayor a comunas con menor situación socio - económica. Se utiliza el indicador IDH para hacer dicha distinción.
Carácter Rural / Urbano y de apertura	Cuantitativa	Este criterio pretende asignar una distinción mayor a comunas clasificadas como rural. Se considera área urbana a un conjunto de viviendas concentradas con más de 2000 habitantes, o entre 1001 y 2000 habitantes, con el 50% de su población económicamente activa.
Monto cofinanciamiento	Cuantitativa	Este criterio pretende asignar una distinción a proyectos que aportan un mayor cofinanciamiento de los costos de estos.
Priorización regional según modalidad deportiva	Cualitativa	Este criterio asigna una distinción según los criterios regionales respecto sus políticas acerca de la modalidad deportiva.
Planes y programas deportivos asociados	Cualitativa	Este criterio pretende asignar una distinción a proyectos que apoyen otros tipos de actividades complementarias.
Inversión / Beneficiario	Cuantitativa	Este criterio pretende asignar una distinción mayor a proyectos que tengan un menor índice I/B.
Aportes sectoriales años anteriores	Cualitativa	Este criterio pretende asignar una distinción mayor a proyectos que no hayan sido financiados anteriormente con fondos de Chiledeportes.
Patrimonio y tipo de proyecto	Cualitativa	Este criterio pretende asignar una distinción mayor a proyectos que poseen la propiedad y que buscan la mantención, reparación y mejoramiento de estos.

A.2. Modelo Jerárquico para priorización de proyectos



A.3. Descripción de la estructura jerárquica

Criterios Principales

a) Políticas regionales: Se relaciona con los objetivos que el sector y cada uno de los consejos deportivos regionales tengan de las prioridades que establece la política nacional del deporte y las directrices provenientes de la ley del deporte. Las políticas regionales consideran factores como: la modalidad deportiva a ser practicada, las características de la población beneficiada, la localización comunal del proyecto y un nuevo indicador que se implementara en los concursos futuros: los índices de gestión.

b) Criterios técnicos: Estos son criterios que están estrechamente relacionados con las características técnicas del proyecto, elementos para los cuales Chiledeportes considera una alta importancia. Los factores que caracterizan este criterio son: El tipo de proyecto y la calidad técnica de los proyectos.

c) Criterios económicos: Este criterio establece los parámetros menos cualitativos dentro del modelo, teniendo en consideración factores como: n° de beneficiarios, Cae / usuario y la programación de la inversión.

Descripción de los subcriterios

a.1. Modalidad deportiva: La modalidad deportiva contiene las diferentes tipologías definidas en la ley del deporte. Estos criterios tienen prioridades disímiles dependiendo de la visión que cada gobierno regional tenga dependiendo del tipo de deporte y de la modalidad para estos.

Los proyectos que son presentados a concurso poseen diversas categorías, es decir es posible encontrar una combinación de las modalidades. A modo de ejemplo es posible que en una multicancha se practique deporte recreativo y además ser utilizada para competencias.

La clasificación de las modalidades deportivas son las siguientes:

Alto rendimiento: Se define por alto rendimiento, aquel que implica una práctica sistemática y de alta exigencia en la respectiva especialidad deportiva.

Esta modalidad deportiva se clasifica en dos Programas deportivos, cada uno con deportes clasificados en tres niveles de intensidades:

Deporte Competitivo: Se define por deporte competitivo, las prácticas sistemáticas de especialidades deportivas, sujetas a normas y con programación y calendarios de competencias y eventos.

Los proyectos que son presentados para deportes competitivo, formativo y recreativo, tienen tres niveles de intensidad según los deportes:

Deporte Formativo: Se entiende por formación para el deporte la puesta en práctica de procesos de enseñanza y aprendizaje a cargo de profesionales o técnicos especializados vinculados a la actividad física deportiva, cuyo objetivo es el desarrollo en las personas de aptitudes, habilidades y destrezas.

Deporte recreativo: Se entiende por deporte recreativo las actividades físicas efectuadas en el tiempo libre, con exigencias al alcance de toda persona, de acuerdo a su estado físico y a su edad, y practicadas según reglas de las especialidades deportivas o establecidas en acuerdo por los participantes. Lo anterior con el fin de mejorar la calidad de vida y la salud de la población y también para fomentar la convivencia familiar y social.

a.2. Población beneficiaria: Este es un subcriterio que aparece bastante seguido en la declaración que Chiledeportes hace respecto el bienestar social y que representan los ideales básicos en la conciencia colectiva en la generación proyectos. Este subcriterio está definido por dos factores: IDH comunal y Situación de vulnerabilidad.

a.2.1. IDH comunal: El índice de desarrollo Humano, es un indicador que define los aspectos sociales de cada comuna, entre estos aspectos se encuentran indicadores de salud, de ingreso y de educación. Su clasificación se encuentra dividida en las siguientes categorías:

- Alto
- Alto - medio
- Medio
- Medio - bajo
- Bajo

La forma de obtener estos niveles se realiza mediante la obtención del máximo y mínimo IDH por región, se restan y la diferencia va creando los cinco intervalos propuesto arriba³.

a.2.2. Situación de vulnerabilidad: Este criterio se genera directamente por la decisión de privilegiar proyectos que favorezcan de cierta forma a grupos vulnerables, tales como los niños, los adultos mayores, las personas con riesgo social, etc. Es por esto que este indicador estará determinado de acuerdo a las características de la población que beneficie, la clasificación será del siguiente tipo:

- Vulnerable
- No Vulnerable

a.3. Localización: La localización juega un rol importante dentro de las políticas regionales, ya que esta permitirá generar proyectos en zonas donde los índices de practica deportiva sean altos y el equipamiento(infraestructura) escaso, así como también su distancia a los centros urbanos sea considerable. La localización esta definida por dos factores: Índice de equipamiento comunal y el Índice de aislamiento critico.

a.3.1. Índice de equipamiento comunal: Este índice esta constituido por la unión de dos factores: el estándar de equipamiento y el índice de practica. El estándar de equipamiento se define como un índice que relaciona la infraestructura disponible en la comuna ajustado por el numero de usuarios; el índice de practica se define como las horas demandadas para actividades deportivas en la comuna, esta puede ser categorizada por deportes, por sexo y edad.

Se buscará priorizar proyectos en comunas que en mayor medida posean altos índices de practica y bajos estándares de equipamiento, hasta aquellas con bajos índices de practica y altos estándares de equipamiento. Todos estos indicadores serán proporcionados por los nuevos índices generados a partir del catastro que Chiledeportes comenzara a realizar durante el siguiente año.

Las intensidades o categorías para este índice serán:

- Alto índice de practica / Alto estándar de equipamiento
- Alto índice de practica / Medio estándar de equipamiento
- Alto índice de practica / Bajo estándar de equipamiento

³ El ejercicio para la Región Metropolitana se encuentra en el ANEXO N°7, Cálculos que serán útiles más adelante en esta memoria.

- Medio índice de practica / Alto estándar de equipamiento
- Medio índice de practica / Medio estándar de equipamiento
- Medio índice de practica / Bajo estándar de equipamiento
- Bajo índice de practica / Alto estándar de equipamiento
- Bajo índice de practica / Medio estándar de equipamiento
- Bajo índice de practica / Bajo estándar de equipamiento

a.3.2. Índice de aislamiento comunal: Este índice proporciona la situación bajo la cual se encuentra la comuna respecto a factores críticos de aislamiento hacia a los centros urbanos. Las intensidades o categorías para este índice son los siguientes:

- Alto
- Medio - Alto
- Medio
- Medio - Bajo
- Bajo

Se realiza la categorización manera similar al Índice de desarrollo humano, visto anteriormente.

a.4. Índices de gestión: Estos nuevos indicadores que buscan reconocer aspectos de gestión para mantener en cuenta al priorizar los proyectos, estos indicadores se solicitarán en las nuevas bases para concursos futuros, los nuevos indicadores serán: *Generación de empleo* y *la situación de proyectos anteriores*.

a.4.1. Generación de empleo: Es el numero de puestos de trabajos que el proyecto genere durante su ejecución y posterior a él, estos son de dos tipos:

- Transitorios
- Permanentes.

a.4.2. Situación de proyectos anteriores: Para los proyectos beneficiados con concursos anteriores, Chiledeportes está implementando un sistema de registro del estado de los proyectos luego de la finalización en su ejecución. La idea es conocer como ha sido la gestión de los organismos que ya han obtenido fondos, y que estén postulando nuevamente por otro proyecto. Se ha pensado en las siguientes categorías para este indicador:

- Buena
- Regular

- Mala

b.1. Tipo de proyectos: Existen diversas categorías para los proyectos en cuanto sus requerimientos u objetivos los cuales son definidas claramente al momento de la presentación de los proyectos. Chiledeportes, sin embargo, busca priorizar alguna de ellas en particular por lo tanto esta categoría (tipo de proyecto) se ha definido con las siguientes categorías:

- Tipo A (Terminación y Mejoramiento)
- Tipo B (Ampliación y Construcción)
- Tipo C (Equipamiento y Reparación)
- Tipo D (Adquisición y Mantenimiento)

b.2. Calidad técnica de proyectos: El departamento de infraestructura de Chiledeportes realiza un análisis técnico de los proyectos, en el cual se establecen las verificaciones en las exigencias técnicas para las distintas disciplinas y de la factibilidad en su realización. No obstante existiendo un gran número de aspectos a tener en cuenta en esta etapa, se obtendrá una clasificación simple como dato, esta es la siguiente:

- MB (muy buena)
- B (buena)
- R (regular)
- M (mala)

c.1. N° de beneficiarios Se entiende por número de beneficiarios las personas a quienes afecta directamente la ejecución del proyecto, dependiendo del tipo de este. Es posible identificar que los beneficiarios no siempre son directos, por lo cual se ha dividido en dos tipos:

c.1.1. Beneficiarios Directos: Son las personas que pertenecen al lugar en cuestión y que practicarán deportes en el lugar solicitado.

c.1.2. Beneficiarios Indirectos: Son las personas que se ven beneficiadas por el proyecto de forma indirecta, ya sea por que puedan practicar deporte en ella y pertenezcan a otro sector o que utilicen el recinto para otras actividades no deportivas.

c.2. CAE / usuario: El costo anual equivalente por usuario, es una medida económica, para conocer aspectos de costo por usuarios, se calcula como:

$$CAE / usuario = \frac{(CAE_{terreno} + CAE_{inv.inf} + CAE_{inv.eq}) + CT + CAE(COP + MTTO)}{Pr_{omedioanualusuarioseivalentes}}$$

Donde

CAE: Costo anual equivalente por usuario a minimizar

CAE terreno: Costo anual equivalente del terreno;

CAE Inv.Inf: Costo anual equivalente de la inversión en infraestructura del recinto deportivo;

CAE inv.Eq.: Costo anual equivalente de la inversión en equipamiento del recinto deportivo;

CT: costo de traslado, incluye el costo por tiempo de viaje hasta el recinto deportivo, más el valor del pasaje del vehículo de transporte, este ultimo solo en el evento en que, dada la distancia, se deba tomar locomoción.

CAE(COP+MTTO): Costo anual equivalente de los costos de operación y mantenimiento del recinto deportivo.

La categorización de este indicador es la siguiente:

- Rango A = [CAE_{min} ; $CAE_{min} + d - 1$]
- Rango B = [$CAE_{min} + d$; $CAE_{min} + 2d - 1$]
- Rango C = [$CAE_{min} + 2d$; $CAE_{min} + 3d - 1$]
- Rango D = [$CAE_{min} + 3d$; CAE_{max}]

Con $d = (CAE_{max} - CAE_{min}) / 4$

c.3. Programación de la inversión: Este criterio busca evitar el arrastre de los recursos de Chiledeportes, por lo tanto se desea generar proyectos que no comprometan dineros de años venideros, entonces a menor años en la realización del proyecto mayor preferencia. Las categorías para este criterio están definidas como sigue:

- Proyectos de 1 año
- Proyectos de 2 años
- Proyectos de 2 o más años

Cuadro resumen de los criterios, subcriterios y categorías.

Criterios	Subcriterios	Subcriterios	Subcriterios	Categorías o intensidades
Políticas regionales	Modalidad deportiva	Alto rendimiento		D. Alta P P1 D Media P P1 D. Baja P P1 D. Alta P P2 D. Media P P2 D. Baja P P2
		Dep. Competitivo		D. Alta P D. Media P D. Baja P
		Dep. Formativo		D. Alta P D. Media P D. Baja P
		Dep. Recreativo		D. Alta P D. Media P D. Baja P
	Población beneficiaria	IDH comunal		Alto Medio - Alto Medio Medio - Bajo Bajo
		Población vulnerable		No vulnerable vulnerable
	Localización	Indice equipamiento comunal		9 categorías ***
		Indice aislamiento crit.		Alto Medio - Alto Medio Medio - Bajo Bajo
	Indices de gestión	Generación de empleo	Transitorios Permanentes	Numero Numero
		Situación de proyectos anteriores		Bueno Regular Malo
	Criterios técnicos	Tipo de proyectos		Tipo A Tipo B Tipo C Tipo D
		Calidad de proyectos		MB B R M
Criterios económicos	n° beneficiarios	Directos		Numero
		Indirectos		Numero
	CAE / usuario			Rango A Rango B Rango C Rango D
	Programación inversión			1 año 2 años 2 o más años

*** Índice equipamiento comunal
Alto índice de practica / Alto estándar de equipamiento
Alto índice de practica / Medio estándar de equipamiento
Alto índice de practica / Bajo estándar de equipamiento
Medio índice de practica / Alto estándar de equipamiento
Medio índice de practica / Medio estándar de equipamiento
Medio índice de practica / Bajo estándar de equipamiento
Bajo índice de practica / Alto estándar de equipamiento
Bajo índice de practica / Medio estándar de equipamiento
Bajo índice de practica / Bajo estándar de equipamiento

6.2.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE LA MEDIDA

Las alternativas para este caso son los proyectos presentados a Chiledeportes para su priorización.

Se define dentro del modelo jerárquico las alternativas de forma gráfica, sin embargo es preciso señalar que se debe seleccionar una medida para la evaluación, para ello se usara la medida Absoluta, para lo cual se requiere definir niveles de intensidad para los criterios o subcriterios que tengan directa relación con la evaluación de los proyectos. Más adelante se comentará las características de usar esta medida.

6.3. EVALUACIÓN DEL MODELO

6.3.1. EMISIÓN DE LOS JUICIOS Y LAS EVALUACIONES

La realización de esta etapa fue llevada a cabo luego de conformar la jerarquía final y mediante la entrevista a cada experto, quienes llenaron las matrices de comparación de a pares.

El resultado final de este procedimiento fue una serie de tres matrices (una por cada experto) de comparación de a pares: una por cada nivel en la jerarquía. Estas matrices se transforman en una cuarta matriz que contiene en sus celdas la ponderación de las otras tres (otra forma de obtener los ponderadores es a través de software Expert Choice), además esta cuarta matriz tiene en sus celdas las comparaciones ponderadas mediante el promedio geométrico de las otras.

A modo de ejemplo se muestran las matrices de comparación del primer nivel

Marcela Gonzalez

Primera Matriz	Políticas regionales	Criterios técnicos	Criterios económicos
Políticas regionales		5.00	3.00
Criterios técnicos	0.20		1.00
Criterios económicos	0.33	1.00	

Guillermo Unnasch

Primera Matriz	Políticas regionales	Criterios técnicos	Criterios económicos
Políticas regionales		1.00	1.00
Criterios técnicos	1.00		1.00
Criterios económicos	1.00	1.00	

Jose Miguel Campos

Primera Matriz	Políticas regionales	Criterios técnicos	Criterios económicos
Políticas regionales		1.00	3.00
Criterios técnicos	1.00		3.00
Criterios económicos	0.33	0.33	

Matriz Ponderada

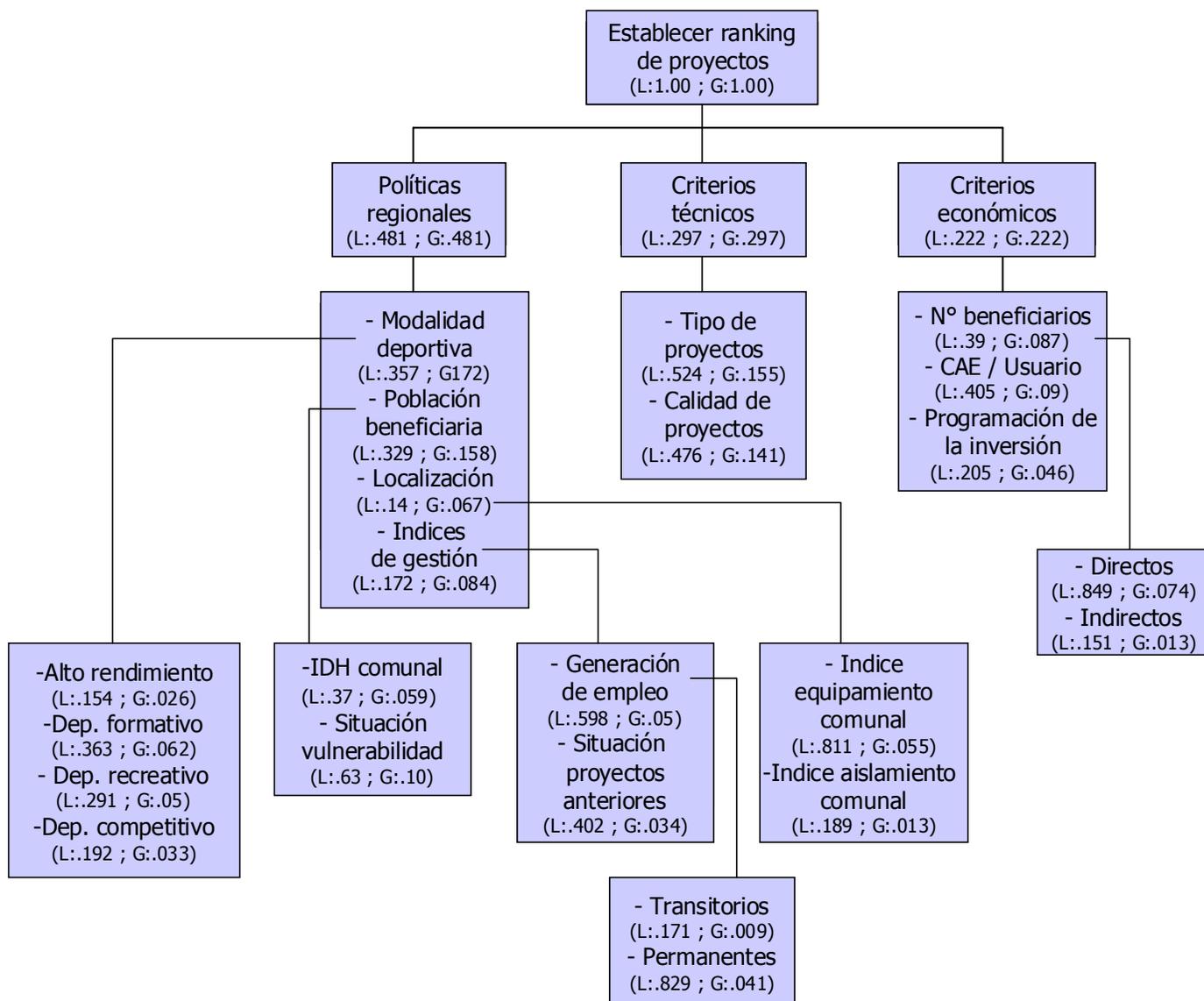
Primera Matriz	Políticas regionales	Criterios técnicos	Criterios económicos
Políticas regionales		1.71	2.08
Criterios técnicos	0.58		1.44
Criterios económicos	0.48	0.69	

$$(1.00 \times 1.00 \times 0.33)^{1/3}$$

Consideraciones:

- No todas las matrices de comparación finales fueron obtenidas mediante la ponderación de las matrices generadas por cada experto, en el caso de algunas matrices, principalmente las que definen intensidades, las comparaciones fueron aprobadas en consenso, por lo tanto no fue necesario realizar la matriz ponderada.
- La matriz correspondiente a la comparación del subcriterio índice de equipamiento comunal que posee 9 categorías, las cuales fueron comparadas de a pares sin considerar el alto número de comparaciones, pero solo se realizó este ejercicio una vez.

Modelo Jerárquico con los ponderadores locales⁴ y globales⁵



Los ponderadores para cada elemento de la Jerarquía han sido obtenidos y generados como se ha dicho anteriormente basándose en el programa Expert Choice.

Al utilizar medida absoluta, es necesario también realizar la comparación de las intensidades o categorías versus las cuales se testearán las alternativas.

⁴ El ponderador Local divide el 100% con respecto al criterio o subcriterio que lo contiene.

⁵ El ponderador Global divide el 100% con respecto al objetivo.

Los ponderadores obtenidos para el subcriterio numero de beneficiarios, se obtuvieron mediante la normalización de las alternativas para no realizar una matriz de comparación de a pares y no añadir más categorías al modelo para esta variable que es íntegramente cuantitativa. El mismo procedimiento se habría realizado para el subcriterio generación de empleo, sin embargo en los proyectos a analizar más adelante no aparecen estos datos debido a que aún no se exigen en la elaboración de los proyectos.

6.3.2. APLICACIÓN DEL MODELO A PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DEPORTIVA

Se obtuvieron tres proyectos desde el Banco Integrado de Proyectos(BIP) de MIDEPLAN.

Estos proyectos fueron presentados al concurso del año 2001, por lo tanto se conoce cuales son los resultados finales de su postulación.

Se busca conocer como la metodología podría variar aquellos resultados finales, y además la aplicación sirve de ejemplo para el análisis de sensibilidad de los criterios en el punto siguiente de este estudio.

Los proyectos son:

1. Construcción cancha de futbolito unidad vecinal N° 34, Quinta Normal.
Estado : No ejecutado. Proyecto 1
2. Construcción Multicancha unidad vecinal N° 24, Cerro Navia.
Estado: Ejecutado. Proyecto 2
3. Construcción de Multicancha Los Jacarandaes, La Granja.
Estado: Ejecutado. Proyecto 3

Aspectos a considerar en la evaluación de los proyectos

Como se ha mencionado anteriormente estos proyectos participaron en el concurso del año 2001, por lo tanto fueron seleccionados bajo los criterios de priorización mencionados en el punto 6.2.1.3 ; por lo tanto, hay datos que no se encuentran en su presentación y que por supuesto no fueron requeridos, se espera que sean solicitados en las bases de concursos venideros. Estos son:

- Criterios índices de gestión y subcriterios relacionados.

- Criterio N° beneficiarios en su subcriterio Indirectos.
- Criterio Localización subcriterio Índice de equipamiento comunal.

Aunque existen criterios de priorización diferentes a los generados para la priorización del concurso pasado, los datos para dichos criterios es posible deducirlos de la información elemental que los proyectos aportan, tales como la comuna y otros.

Para efectos de este trabajo, aquellos criterios que no poseen datos serán considerados nulos, para que no afecte la priorización final y puedan ser comparados de forma más veraz con la clasificación hecha por el antiguo método de priorización.

El siguiente cuadro muestra los datos rescatados de la lectura de los proyectos.

Tabla Resumen de los Datos

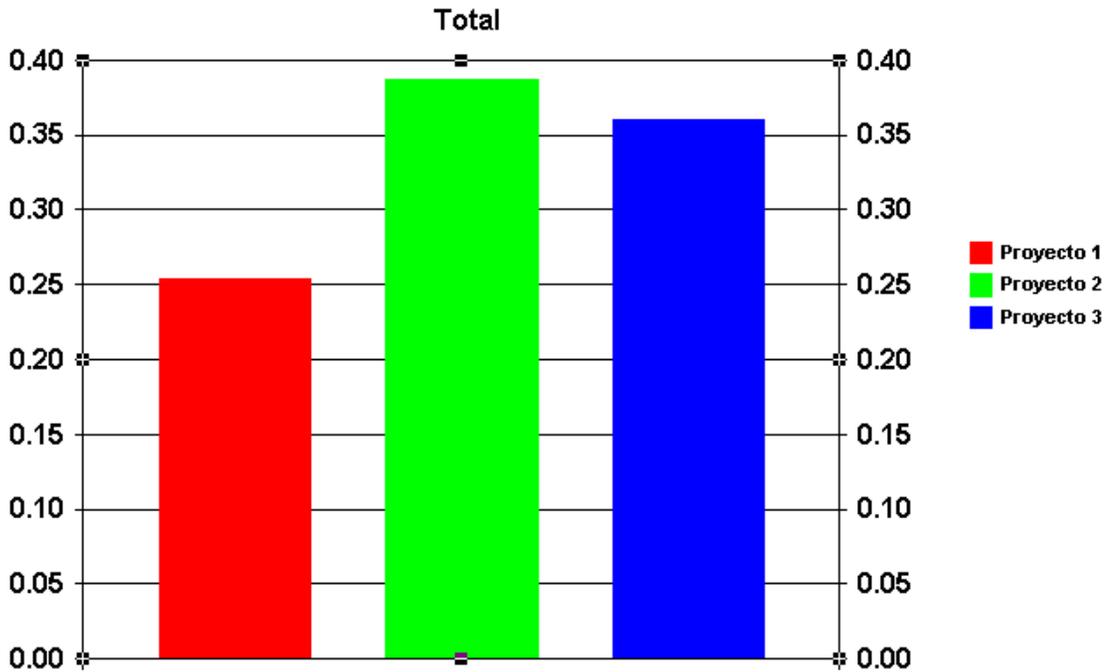
Proyectos	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3
Datos de los proyectos			
Modalidad Deportiva	Deporte recreativo	Deporte recreativo	Deporte recreativo
Disciplina	Alta prioridad	Alta prioridad	Alta prioridad
IDH comunal	Medio-Bajo(0,726)	Bajo(0,695)	Medio-Bajo(0,725)
Situación vulnerabilidad	Vulnerable	Vulnerable	Vulnerable
Índice de Aislamiento	Bajo	Bajo	Bajo
Tipo proyecto	Construcción	Construcción	Construcción
Calidad de proyectos	Buena	Muy Buena	Muy Buena
n° beneficiarios	9.546	16.162	12.038
CAE / usuario	Rango D (3.446)	Rango A (1.667)	Rango A (1.596)
Programación de la Inversión	1 año (6 meses)	1 año (3 meses)	1 año (2 meses)

6.3.3. RESULTADO FINAL

6.3.3.1. Síntesis

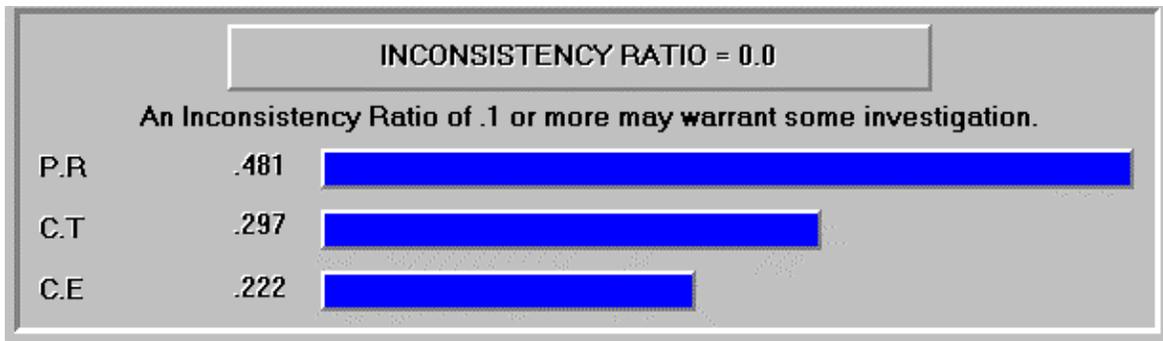
Los proyectos evaluados por la metodología mostraron la siguiente priorización:

Resultado Final de Prioridades



Los resultados otorgaron el primer lugar al proyecto 2, el segundo proyecto 3 y por ultimo al proyecto 1, esto apoya la elección hecha en el concurso pasado (se ejecutaron los proyectos 2 y 3)

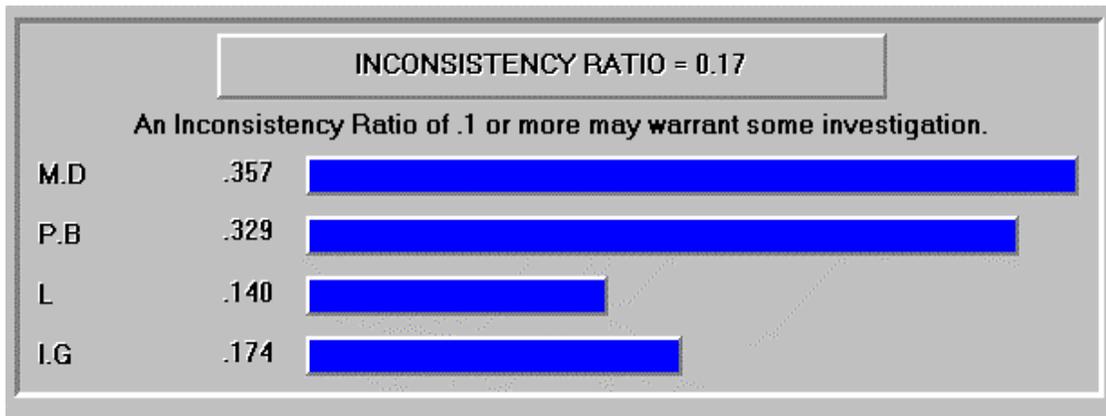
Con respecto a los ponderadores para cada uno de los criterios se focalizan en su mayoría dentro del rango que la conversación a priori demostraba respecto las preferencias y los lineamientos declarados por Chiledeportes, lo que satisfactoriamente hace consecuente estos hechos con la aplicación de la metodología. Dentro de los tres criterios principales se observan los siguientes resultados:



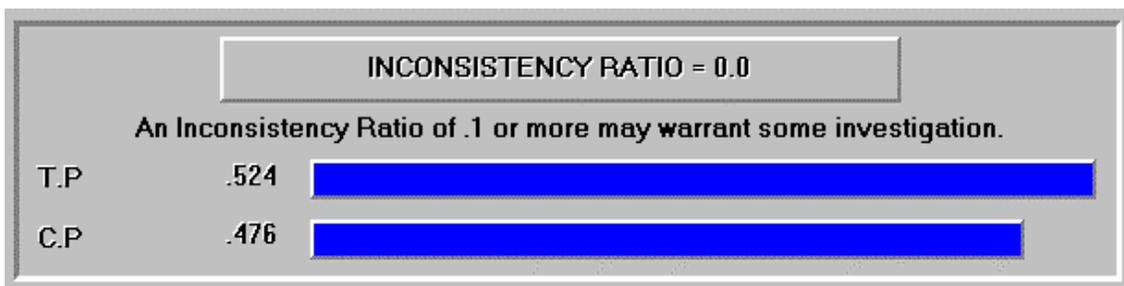
Del cuadro superior se puede apreciar que las políticas regionales tienen cerca del 50% del peso en la elección global del objetivo, lo cual concuerda en gran medida con el carácter social que debe entregarse a la jerarquización de los proyectos a desarrollarse.

El criterio con menos peso son los económicos, lo que tiene cierto sentido tomando en cuenta que siempre el aspecto técnico y político estuvieron el tapete durante las entrevistas.

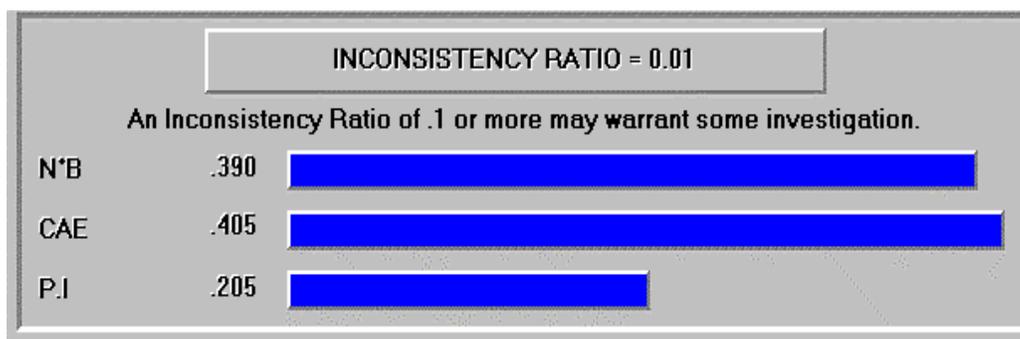
Dentro de las políticas regionales se puede conocer que la modalidad deportiva y la población beneficiada tienen una gran incidencia dentro de este criterio, sin embargo el índice de inconsistencia obtenido hace dudar de la certeza en juicios, ya que como se ha mencionado anteriormente un índice de inconsistencia alta ó superior a 0.10 revela una inconsistencia en la comparación entre pares, que en este caso se ve incrementada por la combinación previa de las evaluaciones realizadas por los expertos. Lo anterior se puede apreciar en el siguiente cuadro.



Los Subcriterios dentro del criterio técnico mantienen una importancia levemente diferenciada (los ponderadores dentro de este tienen escasa diferencia). Es preciso señalar que aunque el proceso de analizar la calidad técnica del proyecto es complicado, el ponderador muestra que en esta jerarquía tiene una importancia incluso menor al momento de compararlo con el subcriterio tipo de proyecto.



Los subcriterios dentro del criterio económico, se distribuyen mayoritariamente entre el N° de beneficiarios y el indicador económico CAE / usuario. La programación de la inversión resulta menos relevante, por lo menos comparado con el Cae / usuarios. Este último es el más preponderante dentro de los subcriterios económicos.



Los demás ponderadores correspondientes a los siguientes subcriterios de los criterios principales, tienen en su mayoría resultados esperados de acuerdo a las preferencias a priori de común consenso incluso entre personas no expertas en el tema, como por ejemplo, la ponderación mayor que tiene el subcriterio generación de empleo, favoreciendo aquellos que son permanentes sobre los transitorios ó dentro del subcriterio beneficiarios a aquellos que son directos por sobre los indirectos de los indirectos.

6.3.3.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A continuación se presenta un análisis de sensibilidad realizado por el programa Expert Choice en el cual se analizan tres escenarios posibles, en los cuales se cambiarán las prioridades de los criterios principales o del primer nivel. A continuación se definirán los escenarios y serán comparados con la situación inicial, es decir aquella que el modelo ha entregado.

- **Escenario 1:** Los ponderadores cambian respecto al orden actual, asignándole el ponderador más alto a los criterios económicos luego a los criterios técnicos y el último a las políticas regionales.
- **Escenario 2:** Cuando se le asigne el mayor ponderador al criterio técnico luego el criterio económico y por ultimo las políticas regionales.
- **Escenario 3:** Cuando los tres criterios tengan el mismo ponderador.

Resultados

Los resultados de este análisis arroja cuales de las categorías o intensidades de los criterios, tendrán mayor relevancia para la priorización de los proyectos en los distintos escenarios. En el escenario actual las tres categorías que más peso tienen son:

1. El tipo de proyecto A en el subcriterio tipo proyecto del criterio técnico (8.9%).
2. La población vulnerable dentro de los subcriterios población beneficiaria del criterio políticas regionales (8.5%).
3. Calidad de proyecto Muy Bueno en el subcriterio calidad de proyecto en los criterios técnicos (6.9%).

Cambios en el Escenario 1

Al realizar estos cambios quedan las siguientes categorías con los tres ponderadores más importantes en la evaluación:

1. Rango A del subcriterio CAE / usuario de los criterios económicos (10%).
2. El tipo de proyecto A en el subcriterio tipo proyecto del criterio técnico (8.9%).
3. Calidad de proyecto Muy Bueno en el subcriterio calidad de proyecto en los criterios técnicos (7.6%).

Cambios en el escenario 2

Los cambios en este escenario 2 se reflejan en las siguientes categorías:

1. El tipo de proyecto A en el subcriterio tipo proyecto del criterio técnico (14.5%).
2. Calidad de proyecto Muy Bueno en el subcriterio calidad de proyecto en los criterios técnicos (12.3%).
3. El tipo de proyecto A en el subcriterio tipo proyecto del criterio técnico (6.1%).

Cambios en el escenario 3

Los cambios en los ponderadores en este escenario mantienen resultados similares a los anteriores, estos son:

1. El tipo de proyecto A en el subcriterio tipo proyecto del criterio técnico (10.0%).
2. Calidad de proyecto Muy Bueno en el subcriterio calidad de proyecto en los criterios técnicos (8.5%).
3. Rango A del subcriterio CAE / usuario de los criterios económicos (6.9%).

Con respecto a los proyectos y su priorización en los tres escenarios no se presentaron cambios en el orden de ellos, así se tiene:

Proyecto	Escenario		
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Proyecto 1	0.445	0.445	0.439
Proyecto 2	0.767	0.746	0.714
Proyecto 3	0.720	0.705	0.669

Ejemplos como estos es posible realizarlos con cada uno de los criterios y los subcriterios, respecto de las intensidades y de las alternativas. En general desde un punto de vista más amplio, realizar estos análisis de sensibilidad no es mas que adecuar el modelo a los cambios continuos del ambiente, es decir, cambios en los expertos participantes en la elaboración y ponderación del modelo, así como en los criterios que para estas decisiones son demasiado volátiles.

7. LÍNEAS DE ACCIÓN FUTURAS: POSIBILIDADES DE APLICACIÓN A OTROS SECTORES Y A OTRAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO.

Como ya se ha mencionado, el conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, que se ha dado en llamar evaluación multicriterio (en particular el AHP), tiene aplicabilidad en un espectro muy generalizado: tanto para la gestión pública como para la gestión privada, para una variedad de problemas de toma de decisión, no sólo inversiones. A modo de ejemplo: para el diseño de productos en Marketing, para decisiones militares como el bombardeo a Irak (Saaty), para el diseño de políticas públicas y para el diseño de programas de inversión en capital humano.

El denominador común de estos problemas es su complejidad, determinada por la existencia de varios objetivos y varios criterios con los cuales medir la

contribución al logro de dichos objetivos, también por la necesidad de tomar en cuenta variables intangibles (beneficios/costos no cuantificables), y finalmente por la cada vez más común necesidad de tomar decisiones grupales.

En el punto 2 ya se comentó como este enfoque de alguna manera implica alejarse del paradigma racionalista -cartesiano, que para efectos de toma de decisiones podríamos esquematizar en la frase "cualquier problema tiene un óptimo preciso, calculable a partir de datos conocidos", para acercarnos a un nuevo paradigma que se podría sintetizar diciendo "que el apoyo a la toma de decisiones debe incluir la intangibilidad de algunas variables y el hecho de que el tomador de decisiones incorpora factores subjetivos que ni siquiera es capaz de explicitar".

Dicho de otra forma, la necesidad de incorporar las variables no cuantificables, los factores subjetivos que pesan en las decisiones de los agentes económicos, y el hecho de que dichas decisiones sean crecientemente grupales, no nos deja en un "mundo sin herramientas de apoyo a la decisión", por el contrario, esas herramientas en parte son las que proporcionan los métodos multicriterio.

Una visión caricaturesca de estos métodos, se puede presentar por contraste con la toma de decisiones en base a quién golpea más fuerte la mesa (método lamentablemente muy en boga, en particular en el ámbito político). Si vamos a tomar decisiones en base a quien golpea la mesa (y cómo la golpea), hagámoslo entonces de forma consistente, evitando contradicciones, sin perder de vistas los objetivos y facilitando los consensos con mayor transparencia de información. En síntesis, explicitar y cuantificar los criterios que están detrás de los golpes a la mesa.

En materia de decisiones de inversión ¿significa todo esto que debemos descartar el análisis tradicional? (maximizar VPN social o privado suponiendo que podemos cuantificar todos los costos y beneficios relevantes). La respuesta es no, más bien debemos complementarlo. La siguiente pregunta es ¿Dónde y cómo?.

Si pensamos en el ciclo de vida de un proyectos (idea, perfil, prefactibilidad, factibilidad, ejecución), podemos identificar aplicaciones interesantes al menos en siguientes etapas del ciclo:

□ Identificación de ideas

Dada cierta misión, o ciertos objetivos, con métodos multicriterio podemos analizar de manera estructurada las formas de alcanzarlos, identificando

acciones, algunas de las cuales eventualmente se traducirán en proyectos de inversión.

Posteriormente estos métodos también nos permitirán hacer rankings de ideas y descartar las malas antes de cualquier estudio (ni siquiera de perfil).

Esta aplicación es útil a nivel de la función de administración (Ministerios y empresas del estado) dentro del esquema general del Sistema Nacional de Inversiones (S.N.I.) presentado en el punto 1.

□ Análisis de alternativas (en cualquier etapa de preinversión: perfil, prefactibilidad, factibilidad)

Esta es una sub etapa tradicional en evaluación de proyectos (luego del estudio de mercado, el diagnóstico y la optimización de la situación actual). Sobre todo en estudios de nivel de prefactibilidad y factibilidad, i.e., estudios cuyo costo es significativo, en aquellos proyectos en que sea necesario evaluar muchas alternativas, podemos abordar dicha evaluación con métodos multicriterio.

En el caso particular de un estudio de factibilidad, se sabe que a este nivel generalmente se trabaja con una sola alternativa dado los costos de evaluar, se intenta en general eleccionar sólo una a nivel de prefactibilidad, si esa selección no fue posible vía VAN, es posible elegir la alternativa a evaluar a nivel de factibilidad con herramientas como el AHP.

Esta aplicación se debería hacer con la participación tanto de las unidades encargadas de la administración de los proyectos (según esquema del S.N.I. presentado en el punto 1), como de las unidades encargadas de la asesoría (Mideplan y Serplacs), disminuyendo así posibles conflictos en la selección de alternativas. La aplicación de AHP a proyectos de infraestructura educacional (que se presentará en un documento posterior), es un ejemplo de este tipo de apoyo a la toma de decisiones.

□ Priorización de carteras (post evaluación de proyectos con VPN).

Enfrentados a una cartera de proyectos rentables, con restricción de presupuesto, el análisis tradicional de optimización del VAN conjunto, o de uso del IVAN, puede ser complementado con una jerarquización multicriterio, que tome en cuenta variables como la contribución a la estrategia general de la empresa, la complementariedad con otras inversiones en marcha, o en el caso de la evaluación social los aspectos ambientales y redistributivos.

En este caso los agentes que deberían participar en la aplicación, deberían ser los responsables de la función de administración y los de la función de gobierno (Ministerio de Hacienda y Consejos Regionales o Comunales), según el esquema de la Figura 1.

□ También dentro del ámbito público, para seleccionar en forma consensuada proyectos y programas que postulan a fondos concursables (FONDART, FONDEF, FONDECYT, etc). Un ejemplo de este tipo de aplicación, es la priorización de proyectos de infraestructura deportiva presentada en el punto 6 de este documento.

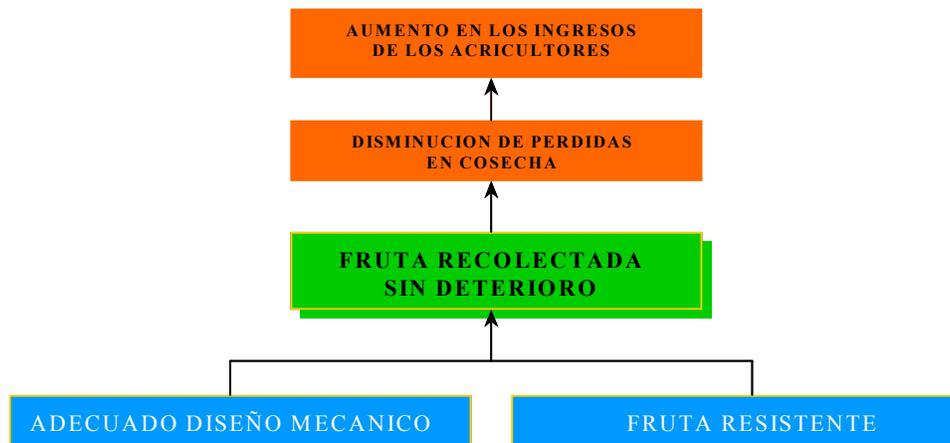
□ Para evaluar propuestas en procesos de licitaciones.

En esta aplicación participarían directamente las instituciones de la función de administración, no necesariamente con la participación de los organismos asesores y de gobierno, pero sí incorporando a agentes representativos de las áreas de actividad en cuestión: mundo del arte, de las ciencias, etc., según corresponda.

□ Para programas de inversión en capital humano.

Dentro del sector público ha alcanzado gran difusión el llamado "marco lógico" ("Evaluación: una herramienta de gestión para mejorar el desempeño en proyectos", BID, marzo de 1997). Esta herramienta impulsada por el BID para la formulación y seguimiento de programas, guarda relación con los enfoques multicriterio. En efecto, un método como el AHP, permite agregar resultados del marco lógico en un solo indicador, según se presenta a continuación con un ejemplo. (Este ejemplo fue tomado de una presentación de Héctor Sanín sobre árboles de problemas y árboles de objetivos).

¿Cómo podemos identificar alternativas que permitan aumentar los ingresos de un grupo de agricultores?. Supongamos que con las técnicas de árboles de problema y árboles de objetivos, se llega a lo siguiente:



Suponiendo que tenemos que optar y que no podemos ejecutar a la vez el diseño mecánico y la variedad de fruta resistente, algunos criterios posibles para la selección de alternativas, podrían ser los siguientes (tomado del mismo ejemplo de H. Sanín):

- Problemas e intereses de los involucrados.
- Recursos y mandatos de los involucrados.
- Recursos a disposición del proyecto.
- Probabilidad de alcanzar los objetivos.
- Horizonte del proyecto.
- Factibilidad política.
- Análisis de costo-beneficio.
- Costo-efectividad de la estrategia.
- Efecto sobre el flujo de caja.
- Criterios ambientales.
- Criterios de género.
- Riesgos sociales.
- Sustentabilidad.
- Otros.....

Hasta aquí suelen llegar los análisis con marco lógico. Pero ¿y cómo tomo una decisión a partir de todos estos criterios?. Una vez más, una posible solución es la evaluación multicriterio. En general permitiría complementar el análisis del marco lógico con una agregación de actividades, componentes y propósitos, de manera de obtener una métrica única de contribución al fin.

En este caso, dado el actual procedimiento aplicado en el S.N.I. para el análisis de programas, deberían participar las tres instancias: asesoría, gobierno y administración.

□ Para la construcción de indicadores de desempeño del personal a cargo de los proyectos.

Esta es una aplicación relevante para las etapas de ejecución y operación del proyecto, posterior a la evaluación ex ante. Se puede generalizar dicha aplicación a la construcción de indicadores de control de gestión durante la implementación del proyecto.

En todos los ejemplos anteriores se necesita agregar varios criterios para llegar a un solo indicador que permita tomar la decisión. En base a la experiencia presentada en este documento, parece conveniente seguir explorando la aplicación de AHP en otros ámbitos de decisión, investigar la aplicabilidad a programas, al diseño de productos, a los procesos de licitación y a la formulación de proyectos.

Bibliografía

- 1.- BOULDING, K. L. 1956. *General system theory. The skeleton of science.* Management Science 2: 198-199.
- 2.- CONTRERAS, E., 2001. *Evaluaciones de Inversiones Públicas: Enfoques Alternativos y su Aplicabilidad para Chile.* Universidad de Chile. Santiago.
- 3.- CONAMA, CED, Fundación Casa de la Paz (2000). *Evaluación Ambiental Estratégica: Aplicaciones y Potencialidades Para Chile*, seminario. Santiago, Chile.
- 4.- CONAMA, CED, Fundación Casa de la Paz (2000). *Evaluación Ambiental Estratégica: Aplicaciones y Potencialidades Para Chile*, seminario. Santiago, Chile.
- 5.- DONOSO, M., Y P. Huntley 1997. *Evaluación Integral Proyecto Central Pangué, Memoria*, Santiago, Chile.
- 6.- GALLARDO, S. 1996. *Diagnóstico organizacional de una empresa informática: planteamiento metodológico y estudio de caso.* Tesis Magister Sociología. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- 7.- GALLARDO, S. 1999. *Modelo y Método para la Toma de Decisiones de Ordenación Territorial para la Gestión Comunal.* En: Gastó, J., Rodrigo, P. y Aránguiz, I. 2001. *Ordenación Territorial y Desarrollo de Predios y Comunas Rurales.* Santiago, Chile.
- 8.- GASTO, J., RODRIGO, P., ARANGUIZ, I. y C. URRUTIA, 1998. *Ordenamiento territorial rural en escala comunal: bases conceptuales y metodológicas.* Documento Proyecto FONDECYT NO 1971200.
- 9.- KIRWOOD, C. 1982. *Strategic Decision Making.*
- 10.- MARTINEZ, E. Y M. ESCUDEY, 1998. *Evaluación y Decisión Multicriterio, Reflexiones y Experiencias.* Universidad de Santiago, Chile.
- 11.- MELLA, S, 2003. *Análisis Multicriterio para Priorización de Proyectos en Chiledeportes".* Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- 12.- MENDEZ, M, 2003. *Análisis Multicriterio Discreto para la Formulación y Priorización de Proyectos de Infraestructura Educativa".* Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.

- 13.- SAATY, T. 1997. Toma de Decisiones Para Lideres. Universidad de Santiago de Chile.
- 14.- SAATY, T. 2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications. Universidad de Pittsburgh, U. S. A.
- 15.- TORRES, P, 2002. Aplicación de una Metodología Multicriterio para la Priorización de Proyectos de Infraestructura Hidráulica". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- 16.- VILLABLANCA, I, 2001. Análisis Multicriterio aplicado al Proyecto Vial La Playa Orrego Abajo, V Región". Memoria la Universidad Diego Portales. Santiago, Chile.
- 17.- TRIANTAPHYLLOU, E. 2000. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. Kluwer Academic Publishers. Louisiana State University. Louisiana, U. S. A.