Apoyo multicriterio a la toma de decisiones en una cooperativa eléctrica de Argentina*

Marta Liliana Cerrano**
Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes***
Guillermo A. Corres****

SUMARIO: 1. Introducción; 2. El método AHP; 3. Aplicación del apoyo multicriterio a la decisión en una cooperativa; 4. Conclusiones.

SUMMARY: 1. Introduction; 2. The AHP method; 3. Applying the multicriteria decision making support to a cooperative; 4. Conclusions.

PALABRAS CLAVE: cooperativas en Argentina; apoyo multicriterio a la decisión; AHP.

KEY WORDS: cooperatives in Argentina; multicriteria decision; AHP.

La globalización económica, como filosofía del nuevo orden mundial, y la modificación de las variables que componen el nuevo modelo de gestión en las entidades cooperativas, han obligado a revisar las necesidades, modos y conductas históricas de estas organizaciones; como así también aplicar nuevas metodologías de gestión para el desarrollo de su actividad. En el presente artículo se desarrolla un modelo de apoyo al proceso de decisión para las acciones correctivas en una cooperativa

* Artículo recibido en jul. e aceptado en sept. 2005.
** Profesor adjunto Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Dirección: Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura — Av. Pellegrini 250 — CP 2000, Rosario, Argentina. Correo electrónico: mcerrano@fceia. unr.edu.ar.
*** Profesor titular de las facultades Ibmec/RJ, Brasil, y profesor visitante en la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Dirección: Ibmec/RJ — Av. Rio Branco, 108, 5º andar — Centro — CEP 20040-001, Rio de Janeiro, Brasil. Correo electrónico: autran@ibmecrj.br.
**** Profesor titular Facultades de Ciencias Económicas e Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro, Argentina, profesor de posgrado Universidad Nacional de la Plata, UCA Rosario — Unicen Argentina — Univalle Bolivia. Dirección: Campus Universitario Unicen — Paraje Arroyo Seco — Tandil — CP 7000, Argentina. Correo electrónico: corres@econ.unicen.edu.ar.

eléctrica. Se propone establecer una metodología para la asignación de prioridades, en función de las restricciones de recursos, entre proyectos alternativos. El marco teórico referencial se desarrolla incursionando en la teoría del apoyo multicriterio a la decisión, en particular el método *analytic hierarchy process* (AHP), haciendo la vinculación con los principios de la norma ISO 9000 y las características de la gestión de la calidad total.

Multicriteria decision making support in an Argentinean electricity cooperative

Economic globalization, as a philosophy of the new world order, and the modification of the variables that compose the new system concerning cooperative entities, have forced the revision of needs, modes and historical attitudes of such organizations, as well as the application of new management styles for the development of their activities. This article presents a decision making support model for dealing with corrective actions in an electricity cooperative and proposes a methodology for the assignment of priorities to alternative projects according to resource constraints. The article's theoretical framework is the theory of multicriteria decision making support and, in particular, the analytic hierarchy process (AHP). A link is established between the use of that theory and ISO 9000 principles, as well as total quality management characteristics.

1. Introducción

La globalización económica, como filosofía del nuevo orden mundial, y la modificación de las variables que componen el nuevo sistema, obligarán a revisar las necesidades y algunos modos y conductas históricas de las organizaciones cooperativas, como así también aplicar nuevas formas de gestión para el desarrollo de su actividad. A partir de 1995, en el Congreso de la Alianza Cooperativa Internacional (ACI) y en posteriores seminarios internacionales sobre cooperativismo (Hernandez, 1998) se determinó que las entidades cooperativas, inmersas en una realidad muy crítica, enfrentan procesos de cambio que les exigen una mayor eficiencia para servir mejor al interés de la comunidad. Esta mayor eficiencia requiere de procesos de planeación efectivos, sin embargo, resulta difícil encontrar metodologías que se adecuen a estas necesidades.

ACI ha definido como cooperativas a "las asociaciones autónomas de personas, unidas en forma voluntaria para satisfacer en común sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales, mediante una empresa de propiedad conjunta y gestión democrática".

Se requiere en el corto plazo que estas organizaciones efectúen un cambio en lo que hace a la "cultura organizacional", que en definitiva no es otra cosa que establecer una modificación en los hábitos del cómo hacer las cosas.

Las cooperativas eléctricas de la provincia de Santa Fe y en particular la Cooperativa de Provisión de Energía Eléctrica, Otros Servicios Públicos, Servicios Sociales y de Crédito Chabasense Limitada (CEC) sede de ejecución del trabajo, cuya experiencia en la prestación es notoria, poseen una cultura y prácticas de gestión no siempre alineada con los nuevos paradigmas. Es por esto que, sin dudas, deberán establecer procedimientos novedosos, incorporar tecnología de gestión, capacitar personal y adecuar su estructura en un marco de crecientes exigencias en cuanto a la calidad de producto técnico, de servicio técnico y comercial.

En este marco de profundos cambios en la cultura y gestión de la cooperativa, los mecanismos de toma de decisión deberán abandonar viejos paradigmas del enfoque monocriterio ("fundamentalmente económico", o "esencialmente social", o "específicamente tecnológico", por citar algunos) y basarse en la racionalidad de un enfoque multicriterio que contemple integralmente la gama de intereses en conflicto.

La CEC responde absolutamente a la situación genérica detallada. Resulta evidente que en las cuestiones técnico-operativas el problema se minimiza dado que son en general problemas tecnológicos (monocriterios) que son resueltas por los estamentos técnicos; pero todas las cuestiones que implican la toma de decisiones que involucre la presencia de más de un criterio institucional (técnicos, económicos, sociales, medio ambientales, etc.) respondiendo al concepto moderno de gestión de calidad derivan en difusos procesos de toma de decisión donde en los niveles directivos, gerencia-concejo de administración, ante la carencia de una metodología racional y de aplicación sistemática, no se consigue encontrar soluciones que satisfagan los múltiples criterios eficientemente.

La consecuencia para la CEC es que en una buena proporción caen en inconsistencias que en muchos casos privilegia emociones, sentimiento (decisión irracional), experiencia, intuición por sobre la integración armónica de atributos y criterios de decisión.

En el presente artículo se propone la aplicación del modelo de apoyo a la toma de decisiones, en particular el analytic hierarchy process (AHP) como metodología para la asignación de prioridades, en función de las restricciones de recursos, entre proyectos alternativos, además de establecer una metodología para la mejora continua del servicio.

La teoría multicriterio de apoyo a la toma de decisiones es actualmente de escasa utilización en Argentina, particularmente en el ámbito de aplicación propuesto. Sin embargo presenta un potencial de resolución de gran interés para brindar sustento a decisiones críticas de tales organizaciones. En función de la situación descrita y los objetivos planteados en este artículo, la utilización del AHP resulta una alternativa conveniente en principio dado que una de sus facilidades según Saaty (2000) es combinar variables cualitativas y cuantitativas, intangibles y tangibles, que se presentan con frecuencia en las situaciones posibles a enfrentar en las cooperativas.

2. El método AHP

Se sintetiza solo el aspecto más básico del método AHP propuesto por Saaty (1980), que propone asignar un valor de peso $w = (w_1, w_2, ..., w_n)$ a los criterios de un cierto problema de decisión multicriterio.

Supondremos que existen medidas cardinales de la importancia de cada posible criterio a los que simbolizaremos por w_j, a los cuales el método trata de evaluar. Parte para ello, de comparar en la forma concreta que enseguida diremos, cada criterio i con cada criterio j, obteniéndose unos valores a_{ij} que podemos agrupar en una matriz cuadrada de orden n: la llamada matriz de comparaciones binarias $A = [a_{ij}]$.

En los libros de Saaty (1980) se justifica la elección de la siguiente escala de medida para la estimación de los anteriores coeficientes a_{ij}.

Tabla 1

Escala fundamental de Saaty

a_{ij} vale	Cuando el criterio i, al compararlo con el j, es
1	igualmente importante
3	ligeramente más importante
5	notablemente más importante
7	demostrablemente más importante
9	absolutamente más importante

Pueden utilizarse asimismo las cifras intermedias 2, 4, 6 y 8 para valores de compromiso. Si no fuese el criterio i igual o más importante que el j, sino al revés, estímese a_{ji} de acuerdo con lo anterior y hágase $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Las matrices A de comparaciones binarias son del tipo de las llamadas matrices recíprocas, las cuales gozan de unas interesantes propiedades en las que se basa en gran parte la eficacia del método AHP. Definamos, antes de ver tales propiedades, unos conceptos previos.

Diremos que una matriz de comparaciones binarias sería consistente si se verificara para sus componentes, que $a_{ij} = w_i/w_j$, para todo i, j. Esto significa que a_{ij} es exactamente el cociente w_i/w_j de sus pesos.

Supongamos que hay consistencia en las estimaciones a_{ij} del decisor. En tal caso redenominamos $W = [w_{ij}] = [w_i/w_j]$ a la matriz de estimaciones. Se cumple entonces, como es fácil comprobar, que:

$$W_w = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = n_w$$

Esto significa que n es un autovalor de W y que w es su autovector asociado. Se demuestra fácilmente además, por ser W una matriz con todos sus elementos positivos, que tal autovalor n es positivo y dominante (el de mayor valor) y que dicho autovector w es su autovector dominante (el asociado al autovalor dominante). Por conveniencia, normalizamos a suma unidad las componentes de w.

En el caso usual en que no hay consistencia, puede afirmarse no obstante (por razones de continuidad) que la matriz A de comparaciones cumple la ecuación $A\ w = \delta_{máx}\ w$, donde $\delta_{máx}$ es su autovalor dominante. Es decir, que w es también su autovector dominante. Puede demostrarse entonces que $\delta_{máx}$ verifica: $\delta_{máx} \geq n$ con igualdad si y sólo si hay consistencia. Esto nos permite definir un llamado coeficiente de inconsistencia (CI) igual a $(\delta_{máx} - n)/\ n - 1$. CI es calibrado con el coeficiente de inconsistencia aleatorio (CIA) del mismo orden, obtenido por simulación con matrices recíprocas aleatorias. Esto hace que podamos determinar el llamado ratio de inconsistencia (RI). RI = CI/CIA. Si RI < 10% significa que la consistencia es aceptable. En resumen, el método AHP completo consistiría en los siguientes tres pasos:

- se obtiene del decisor la matriz A de comparaciones binarias;
- se calculan su autovalor dominante ($\delta_{máx}$) y su correspondiente autovector dominante w y su RI;
- si RI < 10% se acepta w. Si no, se le pide al decisor que re estime algunos o todos los a_{ij}.

Los valores de CI están en la tabla 2.

Tabla 2

Valores de RI para matrices cuadradas de orden *n* según el Laboratorio de Oak Ridge, EUA

n	2	3	4	5	6	7	8	9
CIA	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Fuente: Saaty, 2000.

3. Aplicación del apoyo multicriterio a la decisión en una cooperativa

El modelo propuesto formula el proceso de toma de decisiones aplicando los enfoques multicriterial y jerárquico que, aunque generan una serie de intercambios, posibilitan, con su solución de compromiso, la conciliación de los objetivos globales y específicos, así como de los estratégicos y tácticos de la organización.

La técnica de modelación empleada para representar los componentes principales del modelo es la modelación matemática, la que en términos de símbolos y expresiones matemáticas representa la esencia del problema y permite establecer para el análisis del mismo, el empleo de las tecnologías de información.

Se intenta:

- dotar a la organización de una herramienta y procedimiento de trabajo que permita la toma de decisiones;
- seleccionar la(s) estrategia(s) más conveniente(s) a seguir en cada caso;
- sincronizar los objetivos generales de la organización con los objetivos específicos, así como los cuantitativos con los cualitativos, mediante el enfoque multicriterio.

Definición del objetivo del caso testigo

Con el fin de lograr una visión sistémica y poder identificar las interrelaciones de los distintos elementos de la organización relativos al servicio prestado, se realizó primeramente un análisis del subsistema interno y el externo (usuarios) de la cooperativa, para posteriormente poder integrar las medidas parciales resultantes.

Se conocieron las distintas características asociadas a los aspectos internos e institucionales de la Cooperativa Eléctrica, para lo cual fue necesario conocer la misión y visión de la organización, además de identificar cuales son los objetivos y criterios institucionales. Es importante destacar que los criterios institucionales están alineados con los criterios de la gestión de la calidad estipulados en las normas ISO 9000/2000 (International Organization for Standardization, 2000). Para esta instancia se realizaron entrevistas grupales e individuales a los distintos integrantes del accionar cooperativo.

En el análisis de la perspectiva externa de la cooperativa (visión de los usuarios) se realizó una encuesta de satisfacción para identificar los niveles de insatisfacción de los usuarios y las nuevas necesidades de los mismos. Una vez concluido el trabajo de campo se procede a evaluar los resultados obtenidos, por un lado de la visión institucional y por el otro a analizar los resultados que desde la encuesta de usuarios se han logrado. La finalidad que persigue este análisis es poder diagnosticar cual es el cuadro de situación real en que se encuentra la cooperativa además de incorporar la visión de los usuarios.

Por lo tanto el problema planteado como caso testigo prioritario a mejorar y tomar acciones correctivas fue el de alumbrado público, siendo desde la visión de los usuarios muy importante dado que su deficiencia o inexistencia en algunas zonas trae aparejado fuerte incremento en la inseguridad vial y personal a causa de favorecer el posible incremento de los delitos.

Para la definición el objetivo del problema planteado, en una de las reuniones, cada uno de los participantes (integrantes del concejo) aportó una o varias alternativas de objetivos que luego se votaron para integrarlas en el que finalmente se formuló: “Encontrar la mejor alternativa con respecto a *servicio integral de alumbrado público*, mediante el análisis multicriterio teniendo en cuenta criterios preestablecidos en función de la misión interna y la visión”.

Entendiéndose por integral a la mejora tanto en iluminación como en seguridad vial, seguridad ciudadana, la revalorización de la ambientación, confort y bienestar de los espacios de recreación y públicos.

Identificación y definición de los criterios y subcriterios

A efectos de lograr una mayor objetividad en el desarrollo de los criterios y subcriterios a aplicar en el AHP, se realizó una tormenta de ideas bajo el formato de nueve por tres, es decir fueron nueve las personas que participaron en tres rondas consecutivas de generación de posibles criterios.

Para definir los criterios, se clasificaron las frases resultantes del paso anterior en varias familias de acuerdo a la similitud de la temática planteada. Las fami-

lias fueron las siguientes: *económico; social; mantenimiento y conservación; opinión pública; recreación; consumo; cubrir mayor rango de usuarios.*

Cada una de estas familias podría haber sido considerada como un criterio. Sin embargo técnicamente se recomienda no exceder a cinco criterios. Si bien el sistema permite sobrepasar esta cantidad resulta dificultoso ser coherente en la comparación de a pares entre criterios, por un lado, y alternativas al respecto de los criterios, por otro.

Es por ello que se decidió agrupar varias familias en uno lo suficientemente amplio, tal que representara la totalidad de las ideas incluidas en las familias originales.

A su vez, algunos de los criterios resultaron tan amplios que fue necesario hacer una desagregación de los mismos en lo que técnicamente se denomina subcriterios.

Finalmente se concluyó en lo siguiente:

Tabla 3

Desagregación de criterios en subcriterios

Criterio	Subcriterio
Económico	Costo de inversión
Mantenimiento y conservación	Costo de mantenimiento y conservación
Consumo	Valorización de la energía consumida
Social	Cantidad de beneficiarios Aporte a las distintas áreas
Institucional	Opinión pública Recreación

Estos criterios y subcriterios, en algunos casos tuvieron que ser mejorados en su redacción de tal modo que expresaran de manera clara la idea que originalmente se planteó. Otros debieron hacerse algo mas rígidos o acotados a los efectos de permitir la comparación de a pares y evitar inconsistencias.

Tabla 4

Ajuste a la desagregación de criterios en subcriterios

Criterios	Subcriterios

Aspectos económicos	
C_1 Costos de la inversión	Presupuestos de las alternativas
C_2 Costo de mantenimiento/conservación	Presupuesto de mantenimiento
C_3 Consumo de energía	Cálculo-valorización del consumo
Aspectos sociales	
C_4 Eficacia social	Cantidad de beneficiarios Aporte a las distintas zonas
Aspectos institucionales	
C_5 Institucionales	Opinión pública Potenciar las actividades recreativas

Objetivo de cada criterio

Para la elección de las alternativas planteadas se expresan los criterios en términos de poder realizarlo con la menor inversión, logrando el menor costo de mantenimiento y consumo además de potenciar la eficacia social y mejorar la imagen institucional.

Criterio C_1: costo de inversión. Este criterio está conformado por los costos de las inversiones a realizar en cada una de las alternativas planteadas, las obras en todos los casos no superan el año de ejecución. Para obtener el mayor beneficio debemos considerar la alternativa de menor valor, por lo que en la evaluación se tenderá a minimizar.

Criterio C_2: costo de mantenimiento. Este criterio está conformado por los costos de mantenimiento y conservación en cada una de las alternativas planteadas. En cada caso se han realizado los cálculos considerando que las luminarias tienen una vida útil media de tres años, los artefactos de cinco años y las columnas de 30 años. Para obtener el mayor beneficio debemos considerar la alternativa de menor valor, por lo que en la evaluación se tenderá a minimizar.

Criterio C_3: consumo en kW/h. Este criterio está conformado por el consumo que caracteriza el consumo según la configuración del tendido en cada caso. En cada uno se ha considerado el valor correspondiente a las lámparas más el consumo de balastos y equipos instalados. Para obtener el mejor consumo debemos considerar la alternativa de menor valor, por lo que en la evaluación se tenderá a minimizar.

Criterio C_4: eficiencia social. Este criterio está conformado por el aporte que tiene cada alternativa sobre el medio social de la zona geográfica analizada. Para obtener la mayor eficiencia debemos considerar la alternativa de mayor valor, por lo que en la evaluación se tenderá a maximizar.

Criterio C_5: institucional. Este criterio está conformado por el aporte que tiene cada alternativa sobre el aspecto institucional de la cooperativa. Para obtener la mayor eficiencia debemos considerar la alternativa de mayor valor, por lo que en la evaluación se tenderá a maximizar.

Alternativas generales

Se presentan tres zonas geográficas diferenciadas de alumbrado público según las características técnicas y del entorno en cada una de ellas. Zona de ruta: I; zona centro: II; y zona periférica: III.

En el contexto del problema de decisión de las mejores propuestas nos encontramos con las siguientes alternativas.

Alternativa A. En esta alternativa se considera la remodelación de las zonas geográficas A, B y C (ruta, centro y periferias) relativas a la sustitución de luminarias, modificación paisajística donde se verificará la calidad luminotécnica, señalización vial e integración de las áreas dedicadas a la recreación como parques, centros culturales, teatros, etc.

Alternativa B. En esta alternativa se considera la remodelación de las zonas geográficas A y B (ruta, centro) relativas a la sustitución de luminarias, modificación paisajística donde se verificará la calidad luminotécnica, señalización vial e integración de las áreas dedicadas a la recreación como parques, centros culturales, teatros, etc.

Alternativa C. En esta alternativa se considera la remodelación de las zonas geográficas B y C (centro y periferias) relativas a la sustitución de luminarias, modificación paisajística donde se verificará la calidad luminotécnica, señalización vial e integración de las áreas dedicadas a la recreación como parques, teatros, y espacios deportivos, etc.

Alternativa D. En esta alternativa se considera la remodelación de las zonas geográficas A y C (ruta y periferias) relativas a la sustitución de luminarias, modificación paisajística donde se verificará la calidad luminotécnica, señalización vial e integración de las áreas dedicadas a la recreación como parques, centro cultural, teatros, y espacios deportivos, etc.

Alternativa E. En esta alternativa se considera la remodelación de la zona A en cuanto a la sustitución de luminarias y traslados de las que se retiren de A para complementar la zona B. Las retiradas de la zona B se utilizaran para la ampliación de la zona C en aquellas áreas de escasa iluminación. Se revisará en cada zona la modificación paisajística donde se verificará la calidad luminotécnica, señalización vial e integración de las áreas dedicadas a la recreación como parques, centros culturales, teatros, etc.

Información de los criterios en cada alternativa

La información correspondiente a los distintos presupuestos se calculó teniendo en cuenta la cantidad de cuadras en cada zona, la cantidad de luminarias (se eligieron distintos modelos de lámparas de sodio), columnas, bases de hormigón, cables, gabinetes y tableros de comando.

CRITERIO C_1: COSTOS DE LA INVERSIÓN

Cada alternativa propuesta tiene un presupuesto total expresado en pesos. Además del costo del tendido y su configuración se le adicionó mano de obra, gastos administrativos, transporte, gastos financieros, impuestos IVA, ingresos brutos, ganancias, honorarios profesionales, remodelación y adecuación del paisaje. Los valores han sido modificados levemente por una constante a modo de preservar la confidencialidad de estos datos en la organización.

Tabla 5
Presupuesto de inversión en cada alternativa

Alternativas	A	B	C	D	E
Presupuestos de inversión ($)	2.180.384	600.800	1.914.528	1.845.440	698.004

En todas las alternativas el plazo de ejecución es de un año. La fuente de los precios unitarios es *alumbrado público* División Municipalidad de Rosario, Republica de Argentina.

CRITERIO C_2: COSTOS DE MANTENIMIENTO

Tabla 6
Presupuesto de mantenimiento en cada alternativa

Alternativas	A	B	C	D	E

Presupuestos anuales de conservación y mantenimiento ($/año)	149.400	22.800	138.600	137.400	159.000

CRITERIO C_3: CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo de energía puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$C = N \times P \times T$$

siendo:

N — número de puntos de luz de la zona considerado en el estudio;
P — potencia eléctrica por punto de luz incluyendo perdidas del equipo auxiliar; las conexiones y en los conductores, en kW;
T — tiempo de utilización en horas.

Tabla 7
Consumo de energía en cada alternativa

Alternativas	A	B	C	D	E
Consumo de energía (kW/h)	456,72	108,57	414,70	390,17	498,25

CRITERIO C_4: EFICACIA SOCIAL

Este criterio mide el aporte que tiene cada alternativa sobre el medio social de la cooperativa eléctrica, dividiéndose en:

- cantidad de beneficiarios — mide la cantidad de beneficiados asociados por zona;
- aporte a las distintas zonas en términos de la localización de proyecto.

CRITERIO C_5: INSTITUCIONALES

Bajo el punto de vista de la planificación institucional se debe dar respuesta al accionar cooperativo en los siguientes aspectos:

- opinión pública. Encuestas en la zona de la traza a personas involucradas por cada alternativa;
- potenciar las actividades recreativas.

Con el fin de conocer el grado de adhesión a cada alternativa por parte de los pobladores ubicados en la zona de influencia del mismo, se realizaron consultas por muestreo.

La significancia de contar con mejor iluminación ayudará a mejorar el nivel de eficacia del objetivo de lograr potenciar las actividades recreativas en particular varias de estas están sobre zonas geográficas en las que potenciar la iluminación sería vital.

A los efectos de considerar cual de las alternativas es más eficaz en este objetivo se utilizó la siguiente escala valorativa:

1. ninguna importancia;
2. pequeña importancia;
3. importante;
4. muy importante;
5. absoluta importancia.

Matriz de alternativas y criterios

Tabla 8

Matriz de decisión

Alternativas	Costo de construcción (mín)	Costo de conservación (mín)	Consumo de energía (mín)	Eficacia social (máx)	Institucional (máx)
A	2.180.384,00	149.400	456,72	5	5
B	600.800,00	22.800	108,57	3	3
C	1.914.528,00	138.600	414,70	4	3
D	1.845.440,00	137.400	390,17	3	5

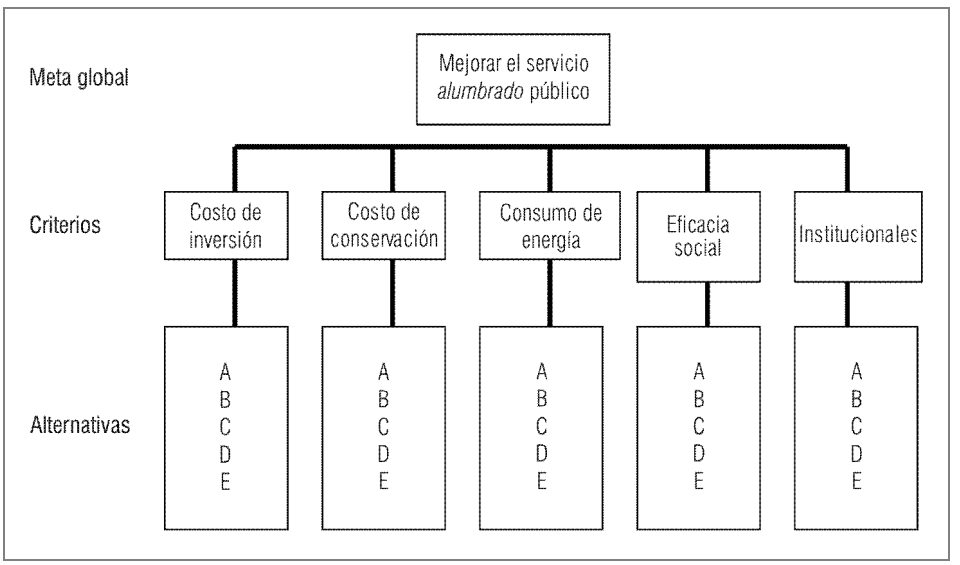
E	698.004,00	159.000	498,25	5	4

Una vez obtenida la matriz de decisión procedemos a realizar el desarrollo de la jerarquía.

Jerarquía

Figura 1

Estructura jerárquica para el problema de decisión



Aplicación del software

Una vez definidos los criterios, los subcriterios y las distintas alternativas se procedió a la carga de los mismos en el software. Teniendo la información sobre la importancia relativa y las preferencias, el software utilizado Expert Choice® (Expert Choice, 2000) realiza el procedimiento matemático para resumir la información y para proporcionar una ponderación de las distintas alternativas propuestas, en términos de su preferencia global.

El conjunto de ponderaciones que se necesitaron ingresar en el caso testigo fueron las siguientes:

- las prioridades de los cinco criterios en términos de la meta global;
- las prioridades de las cinco alternativas en término del criterio de costos de la inversión;
- las prioridades de las cinco alternativas en término del criterio de costos de mantenimiento/conservación.
- las prioridades de las cinco alternativas en término del criterio de consumo de energía;
- las prioridades de las cinco alternativas en término del criterio de eficacia social;
- las prioridades de las cinco alternativas en término del criterio de institucional.

Inconsistencias

Durante la realización de las comparaciones de a pares tanto entre los criterios entre si como entre alternativas al respecto de cada criterio, pueden presentarse inconsistencias.

Una inconsistencia es una medida que permite conocer a través de un valor numérico, si la información ingresada y comparada es susceptible de ser analizada o por el contrario requiere de una revisión para facilitar el proceso decisorio. No obstante lo que mas interesa es tomar buenas decisiones y no minimizar el valor de inconsistencia.

Siempre la forma de salvar las inconsistencias implica flexibilizar los criterios y subcriterios definidos y el peso relativo asignado a cada uno de ellos. Además es posible que se identifique descripciones poco claras de alternativas y criterios, cuestión que obliga a redefinirlos o mejorarlos.

Este software genera en forma automática el cálculo de inconsistencias y muestra además qué celdas son las que producen estos resultados. De modo que hace muy simple e interactivo el procedimiento para mejorar los juicios que podrían ser inconsistentes.

Presentación de la solución

Una vez completado todo el proceso antes descrito, el Expert Choice® brindó la solución final atendiendo al objetivo establecido en un primer momento y considerando la importancia de cada uno de los criterios en función de la ponderación dada.

De esta manera, la respuesta al problema es:

Tabla 9
Puntuación final para cada alternativa

Alternativa	A	*B*	C	D	E	Total
Prioridad	0,236	*0,254*	0,147	0,135	0,229	1

Estos resultados proporcionan una base para que quién tome la decisión respecto a las distintas alternativas propuestas. Con base en las prioridades del AHP, deberían elegir la B. El que decida o no seleccionar en realidad la B sigue siendo su decisión. Si considera que las opciones que han expresado respecto a la importancia de los criterios y que sus preferencias por las alternativas en término de los criterios son ambas válidas, entonces las prioridades del AHP muestran que el la alternativa preferible es la B. El que decida o no seleccionar la B puede no ser tan importante como los conocimientos adicionales que sobre el problema ha obtenido como resultado de realizar el análisis que el AHP requiere. Esto puede ser en sí mismo tan útil para quién tomen la decisión como la recomendación real sobre la decisión que ha obtenido.

Se ha obtenido una priorización de alternativas para poder arribar a decisiones eficaces tal cual lo explicita en sus principios la norma ISO 9000/2000 pues se ha basado en análisis de datos e información y de esta forma contribuye al enfoque basado en hechos para la toma de decisión, además de sustentarse en el enfoque al cliente.

Análisis de sensibilidad

Se presenta en el anexo un grupo de gráficos que permiten analizar la sensibilidad de la solución anterior encontrada.

Este paquete de software es muy útil pues es capaz de realizar análisis del tipo "¿Qué sucedería si...?", en los que el decisor puede comenzar a identificar la forma en la que se ven afectadas las prioridades globales sobre las alternativas de decisión por cambios en los datos de entrada sobre preferencias.

Sensibilidad dinámica. El análisis de sensibilidad dinámica permite ver el cambio en las prioridades de las alternativas cuando se incrementa o decrementa la prioridad de cualquiera de los criterios.

Sensibilidad de gradiente. Esta forma de despliegue permite observar la sensibilidad de la importancia relativa al cambiar la prioridad de un criterio con respecto a la meta. El cambio en la posición relativa de la alternativa B se ve notoriamente mejorado al incrementar la preferencia de costo de la inversión. Es interesante observar cómo la alternativa B y A se invierten las preferencias cuando la prioridad del costo de inversión es superior a 0,16.

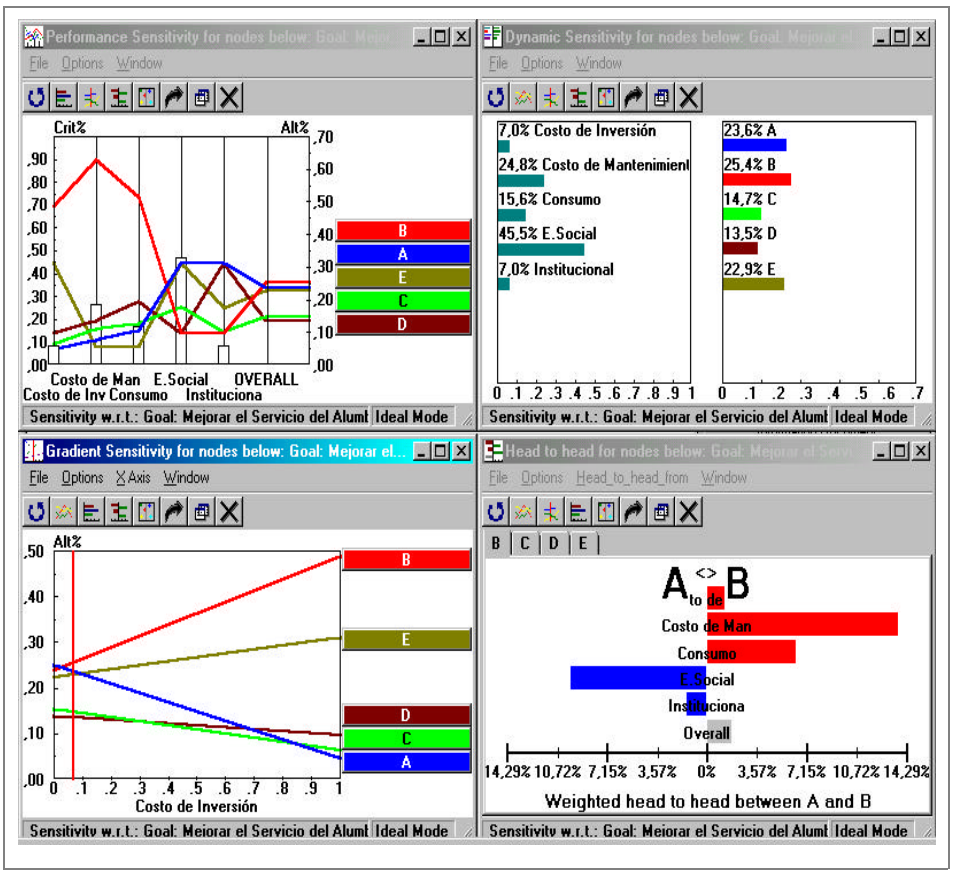
Sensibilidad de desempeño. Esta forma de presentación permite comunicar en forma directa las posiciones de cada criterio en donde como se puede observar en distintas alternativas como hay criterios en donde las preferencias se invierten.

Sensibilidad entre dos alternativas. Compara dos alternativas en sus distintos criterios con respecto a la meta.

Este análisis "¿Qué sucedería si...?" proporciona gran riqueza al resultado pues hace revalorizar y confirmar en algunos casos sus preferencias reales. En el caso testigo analizado, luego de intensos debates e intercambio de opiniones se concluyó que la encontrada en primera instancia era la que representaba fielmente las distintas preferencias del grupo tomador de decisiones.

Figura 2

Análisis de sensibilidad



4. Conclusiones

Como se observa en el caso testigo, el método multicriterio propuesto consigue integrar los criterios de calidad, "institucionales" como los criterios del proceso de decisión y por tanto las alternativas priorizadas responden a los mismos, logrando una solución consistente.

Más allá de la aplicación del método del AHP se instrumenta un proceso racional para la toma de decisiones que obliga a explicitar objetivos, criterios y alternativas. El procedimiento propuesto constituye una guía metodológica para el proceso racional de toma de decisiones.

Los resultados obtenidos permiten valorar la potencialidad del modelo, el que con la ayuda del soporte computacional da una solución novedosa e integrada a un problema de análisis de alternativas de decisiones en este tipo de organización. Crea, sobre la base de un análisis científico y exhaustivo un instrumento matemático para facilitar y mejorar las decisiones.

El modelo conformado es capaz de considerar la complejidad de los problemas actuales, integrando las decisiones de los subsistemas interno y externo permitiendo encontrar buenas soluciones en la planeación táctica-estratégica de las cooperativas eléctricas.

El procedimiento propuesto constituye una guía metodológica para el análisis de una cooperativa eléctrica con servicio al cliente/usuario. Los resultados obtenidos permiten valorar la potencialidad del modelo, el que con la ayuda del soporte computacional da una solución novedosa e integrada a un problema de análisis de alternativas de decisiones en este tipo de organización. Crea, sobre la base de un análisis científico y exhaustivo un instrumento matemático para facilitar y mejorar las decisiones.

El modelo conformado es capaz de considerar la complejidad de los problemas actuales, integrando las decisiones de los subsistemas interno y externo permitiendo encontrar buenas soluciones en la planeación táctica-estratégica de las cooperativas eléctricas.

Se ha obtenido una priorización de alternativas para poder arribar a decisiones eficaces tal cual lo explicita en sus principios la norma ISO 9000/2000 pues se ha basado en análisis de datos e información y de esta forma contribuye al enfoque basado en hechos para la toma de decisión, además de sustentarse en el enfoque al cliente.

Referencias bibliográficas

EXPERT CHOICE. *Expert choice*. Disponible en: <www.expertchoice.com>. 2000.

HERNÁNDEZ, Daniel. *La empresa social cooperativismo del tercer milenio.* Buenos Aires: Universitaria, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *Norma ISO 9000, versión 2000*. Ginebra: ISO, 2000.

SAATY, Thomas L. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

———. *Evaluación multicriterio*. Reflexiones básicas y experiencias recientes. Método analítico jerárquico: principios básicos. Santiago: Editorial de la Universidad de Santiago de Chile, 2000.