



Apply multicriteria methods for critical alternative selection

Rosario Garza-Ríos^a & Caridad González-Sánchez^b

^a Departamento de Industrial, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana, Cuba. rosariog@ind.cujae.edu.cu

^b Centro de Enseñanza de Matemática para Ciencias Técnicas, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, La Habana, Cuba. caryg@cemat.cujae.edu.cu

Received: December 16th, 2013. Received in revised form: March 3th, 2014. Accepted: September 25th, 2014.

Abstract

The selection of critical alternatives has been an issue of great interest for both utilities and services, performing this process usually using monocriterial techniques. In practice there are problems it is necessary to apply more than one criterion for selection since this contributes to increasing the quality of decisions and increase the efficiency and effectiveness of the organization.

Multicriteria techniques allow ordering alternatives or determine what is the best, however it is sometimes necessary to determine within this set which will be called criticism for its impact on organizational performance.

In this paper we show two methods using multicriteria techniques, including ELECTRE II are possible to determine within an ordered set of alternatives which are considered critical. The application of these methods is illustrated on three examples.

Keywords: Alternative reviews; multicriterio; models of excellence.

Selección de alternativas críticas aplicando un enfoque multicriterio

Resumen

La selección de alternativas críticas ha sido un problema de gran interés para las empresas productoras y de servicios, realizándose este proceso usualmente con el uso de técnicas monocriteriales. La aplicación de más de un criterio para la selección contribuye al incremento de la calidad de las decisiones y a elevar la eficiencia y la eficacia de la organización.

Las técnicas multicriteriales permiten ordenar las alternativas o determinar cuál es la mejor, sin embargo en ocasiones es necesario determinar dentro de este conjunto las que serán denominadas críticas por su impacto en el desempeño de la organización.

En el presente trabajo se muestran dos métodos que haciendo uso de técnicas multicriteriales, entre las que se encuentra ELECTRE II, permiten determinar dentro de un conjunto de alternativas ordenadas cuales serán consideradas como críticas. Se ilustra la aplicación de estos métodos en tres ejemplos prácticos.

Palabras clave: alternativas críticas; multicriterio; modelos de excelencia.

1. Introducción

Es muy común encontrarse en la gestión empresarial con la problemática de determinar las alternativas críticas entre un conjunto de alternativas, pudiendo definirse como alternativas, los procesos de una organización, los datos que afectan el desarrollo de esta, los requisitos críticos para el desarrollo de un software, los criterios y factores que no permiten que la misma obtenga un nivel de excelencia dado y sobre los cuales deberá trabajar para elevar el nivel alcanzado; estos son algunos de los problemas a los que trataremos de darle solución en el presente trabajo.

Es muy usual encontrar organizaciones que utilizan una vía muy cómoda y viable para la selección de las alternativas críticas, la cual está basada en un sólo criterio: el proceso que

más afecta la obtención del resultado de la empresa. Sin embargo, si se tratara de la obtención de resultados que puedan ajustarse mejor al cumplimiento de diferentes criterios los cuales van desde procesos que puedan garantizar elevar la satisfacción de los clientes, hasta aquellos en los que se generen costos mayores a los esperados o cuya ejecución resulte nociva al medio ambiente, esta práctica resulta ineficiente.

La tendencia de considerar varios criterios para escoger la mejor alternativa resulta novedosa en el sector empresarial, lo que se ha evidenciado en la realización de diferentes trabajos [1-5], en los cuales se muestra la utilización de herramientas multicriterio para la selección de la mejor alternativa.

Según la opinión de las autoras la aplicación de las técnicas multicriterio aporta la flexibilidad necesaria para la determinación de las alternativas críticas, sea cual sea el

marco en que esto se presente, sin embargo es necesario establecer una escala que apoye esta decisión [6].

El problema que se pretende solucionar con el desarrollo de la presente investigación es: “La no utilización de técnicas matemáticas, específicamente multicriterio, en la determinación de alternativas críticas en una entidad, limita la flexibilidad y fundamentación en la toma de decisiones, no permitiendo obtener la eficiencia, eficacia y competitividad empresarial requerida.”

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos de la investigación realizada: en el primer epígrafe aparece las técnicas propuestas por las autoras para la determinación de las alternativas críticas en una organización, en el segundo se muestran algunas aplicaciones del mismo y en el último aparecen las conclusiones a las que se arriban.

2. Materiales y métodos

En trabajos anteriores se demuestra cómo el uso de las diferentes técnicas de consenso y herramientas multicriterios viabiliza y hace mucho más efectiva la selección de alternativas críticas [7,8], sin embargo en ninguno queda claro ni se fundamenta, el porqué de las razones o parámetros utilizados en la determinación de la decisión final.

Las autoras proponen dos formas de obtener el conjunto de alternativas críticas, una es el establecimiento de una escala que ayude al análisis del comportamiento de los resultados obtenidos y la otra es utilizando un enfoque de ELECTRE II para definir los mismos.

A continuación se explican ambas propuestas:

1^{ra} En esta forma primeramente es necesario obtener la evaluación de cada una de las alternativas, utilizando para ello cualquiera de los métodos multicriterio desarrollados y estandarizar o normalizar los resultados obtenidos [9-12], para su utilización se sugiere hacer uso del procedimiento que aparece en la Fig. 1 que a su vez se auxilia de la Fig. 2, indicando el camino a seguir para encontrar el número de alternativas críticas.

2^{da} Una alternativa es considerada crítica (eq.1), si su peso o importancia W_j es mayor que el peso medio eq. (2) de los criterios, filosofía del test de veto del método ELECTRE II [13],

$$C_{crit} = C_i \quad \{j \in J: W_j > W_{med}\} \quad (1)$$

$$W_{med} = \frac{\sum_{j=1}^n W_j}{m} \quad (2)$$

donde:

C_{crit} : Conjunto de alternativas consideradas como críticas

W_j : Peso o importancia de la alternativa j

W_{med} : Peso o importancia promedio

m : Total de alternativas consideradas

3. Resultados

En este acápite se presentan los resultados de la aplicación de la metodología explicada anteriormente.

3.1. Selección de procesos críticos

La selección de los procesos críticos en las organizaciones resulta de vital importancia, ya que estos serán los procesos a los que se les deberá asignar la mayor cantidad de recursos y cuya ejecución no puede perderse de vista porque pondría en peligro el cumplimiento de los objetivos de la empresa

Una empresa tiene identificados sus procesos y clasificados en estratégicos, claves y de apoyo de acuerdo a lo que establece la Norma ISO 9000: 2008 , sin embargo necesita determinar cuáles de estos procesos son críticos (aquel/aquellos en que la reducción de la diferencia entre el rendimiento actual y el deseado tendrá un

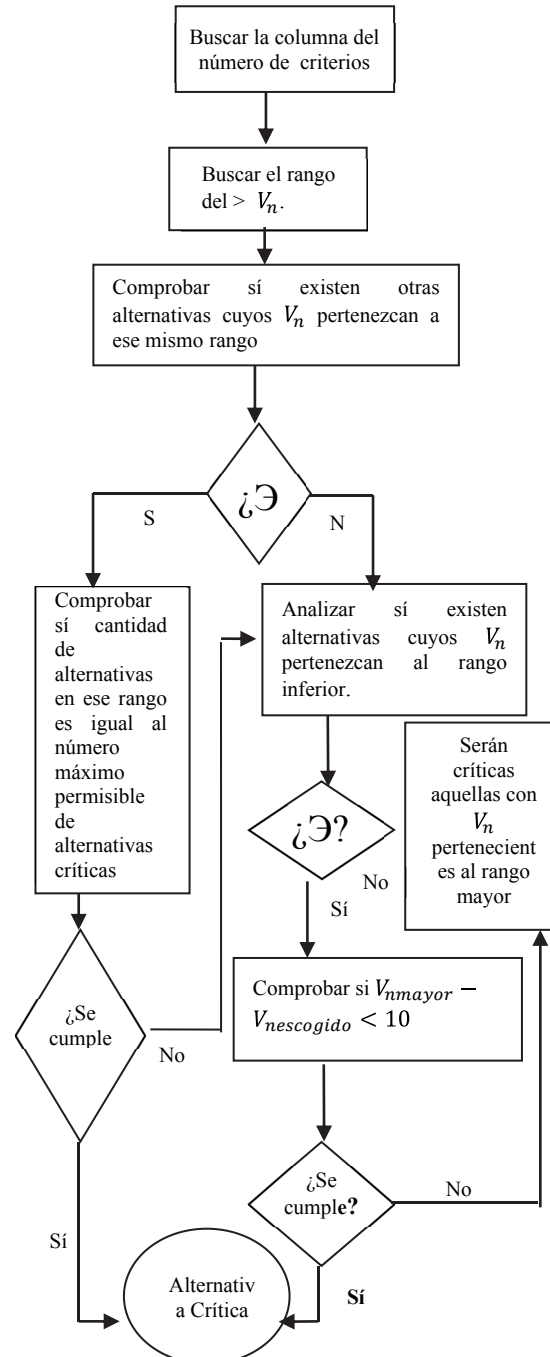


Figura 1. Procedimiento para la utilización de la escala. Fuente. Elaboración propia

Número de alternativas										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Critico	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁	> 60 ₁
	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂	≥ 40 ₂
		≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃	≥ 30 ₃
			≥ 20 ₄	≥ 20 ₅	≥ 20 ₄	≥ 20 ₄	≥ 20 ₄	≥ 20 ₄	≥ 20 ₄	≥ 20 ₄
			≥ 10 ₁	≥ 10 ₁	≥ 10 ₆	≥ 10 ₇	≥ 10 ₈	≥ 10 ₉	≥ 10 ₁₀	≥ 10 ₉
					*	*	X	X	X	X

Rango en % Número máximo de alternativas críticas posibles para este rango

Figura 2. Número de alternativas críticas.

Fuente: Elaboración propia

impacto muy significativo en el éxito y los resultados de la organización, función o departamento), en este caso se utilizará el primero de los métodos propuestos, antes de aplicar este es necesario definir el conjunto de criterios que se tendrán en cuenta para la toma de decisiones.

Los criterios seleccionados por la empresa para determinar sus procesos críticos son:

- El comportamiento deficiente de los indicadores de evaluación influye en la eficiencia y eficacia del proceso.
- Impacto en la satisfacción del cliente.
- Incidencia en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa.
- Actualización y vigencia de las tecnologías.

Un análisis de las diferentes formas en que los expertos pueden expresar sus preferencias, en cuanto a los criterios para evaluar los procesos, permitió decidir que la escala que mejor se ajusta a las características del problema analizado, por el enfoque con que se definieron los criterios, es la propuesta por el método PRESS [9,14].

En la Fig. 3 se muestran los datos de entrada del caso de estudio y en la Fig. 4 se muestran los resultados obtenidos con la aplicación del software PRESS basado en el método del mismo nombre, donde se puede observar que se han incluido como alternativas todos los procesos de la entidad.

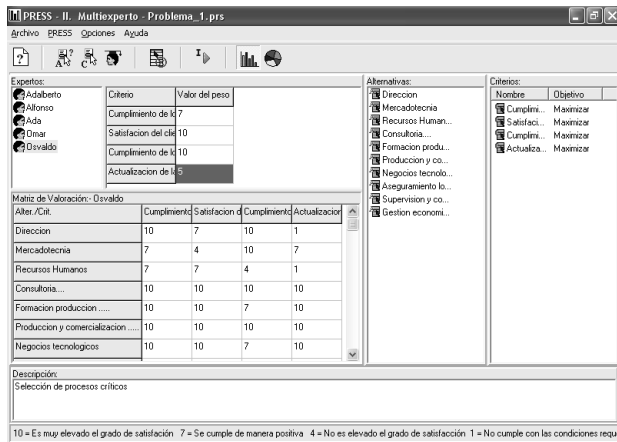


Figura 3. Pantalla de captación de datos.

Fuente: Software PRESS

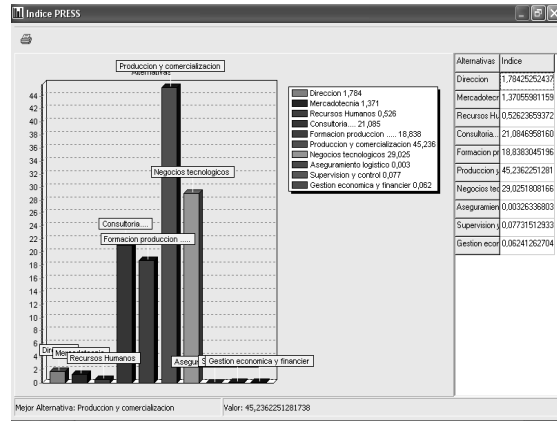


Figura 4. Salida del PRESS.

Fuente: Software PRESS

Tabla 1. Índices PRESS obtenidos del proceso de normalización

Alternativas	Índice PRESS normalizado
Producción y comercialización de tangibles	38,55
Negocios Tecnológicos	24,73
Consultoría tecnológica y del cambio organizacional	17,96
Formación, producción y difusión de conocimientos	16,05
Dirección	1,52
Mercadotecnia	1,16

Fuente: Elaboración propia

Para aplicar el procedimiento propuesto es necesario estandarizar los resultados obtenidos del índice PRESS, para ello se siguen los siguientes pasos:

- 1) Eliminar los Índices PRESS inferiores a 1, en este caso: Recursos Humanos, Aseguramiento, Supervisión y Gestión Económica.
- 2) Ordenar los Índices PRESS atendiendo a su valor numérico de forma descendente.
- 3) Normalizar los Índices PRESS.

La eq. (3) muestra como se calculan los índices PRESS normalizados:

$$V_{ni} = \frac{I_{pi}}{\sum_{i=1}^m I_p} * 100 \quad (3)$$

V_{ni} : Índice PRESS normalizado
 I_{pi} : Índice PRESS calculado

Los resultados obtenidos de la estandarización se muestran en la Tabla 1.

Pasos del procedimiento para la selección de los procesos críticos:

- En la Fig. 2 seleccionar la columna correspondiente a la cantidad de alternativas, en este caso nos paramos en el número 6 que es el número de alternativas a considerar.
- Utilizando el procedimiento descrito en la Fig. 1, seleccionar la alternativa que tenga mayor V_n en este caso $V_n = 38,55$, por lo que el número máximo de

procesos críticos será 3 (ver Fig. 2).

- Comprobar si existen otras alternativas cuyos V_n pertenecen a ese mismo rango, en este caso no existe ninguna alternativa que pertenezca a este rango.
- Analizar si existen alternativas con V_n perteneciente al rango inferior, en este caso existe una alternativa cuyo $V_n = 24,73$, y el rango inferior es 20, por lo que es afirmativa la respuesta, pasando al siguiente bloque.
- Comprobar si $V_{nmayor} - V_{nescogido} < 10$, $V_{nmayor} = 38,55; V_{nescogido} = 24,73$, entonces: $38,55 - 24,73 = 13,72 > 10$

No se cumple la condición, por lo que serán críticos los procesos perteneciente al rango mayor, en este caso tendremos solo un proceso crítico, el proceso Producción y Comercialización de Tangibles con 38,55.

En este sentido deben analizarse de forma detallada las causas que pueden provocar el comportamiento deficiente de los criterios medidos en este proceso, para emprender un plan de acciones que permitan mejorar el desempeño del mismo.

3.2. Determinar los criterios críticos para la evaluación de la Excelencia Empresarial

Una terminal de contenedores se prepara para su presentación al Premio de Excelencia, para ello ha seleccionado el Modelo de Excelencia EFQM [15-17], en la Tabla 2 se muestra la puntuación alcanzada una vez realizada una guía de autoevaluación.

Tabla 2. Puntuación obtenida de la aplicación de la Guía de autoevaluación

Criterios	Ptos. Máx/Plan	Ptos. Obt./Real	%
Liderazgo	172	135.708	78.9
Política y Estrategia	105	79.695	75.9
Satisfacción Cliente	218	153.69	70.5
Calidad de los Procesos	135	114.345	84.7
Gestión y Desarrollo del Capital Humano	187	123.046	65.8
Información y análisis de la calidad	78	68.016	87.2
Recursos y resultados económicos	51	46.869	91.9
Impacto en la Sociedad	54	47.79	88.5

Fuente. Elaboración propia

Tabla 3. Escala de puntuación y nivel de excelencia

Nivel	Escala de puntuación	Nivel de Excelencia
0	0	Deficiente
1	0-20	Deficiente
2	21-30	Bajo
3	31-40	Bajo
4	41-50	Bajo
5	51-60	Medio-Bajo
6	61-70	Medio-Alto
7	71-84	Alto
8	85-100	Superior

Fuente. Elaboración propia

La escala de puntuación diseñada por el Comité de la Calidad para evaluar cada criterio se muestra en la Tabla 3

La construcción de un Diagrama Radar nos permite visualizar cual es la brecha, entre el estado actual y el nivel óptimo deseado.

En la Fig. 5 se evidencia la distancia a recorrer desde el estado actual hasta un nivel óptimo o superior, observándose que los criterios con más dificultades son: satisfacción del cliente; liderazgo; gestión y desarrollo del capital humano; calidad de los procesos, lo cual coincide con lo planteado en la forma 2, donde el conjunto de alternativas críticas está constituido por las alternativas cuyo peso es mayor que el peso medio.

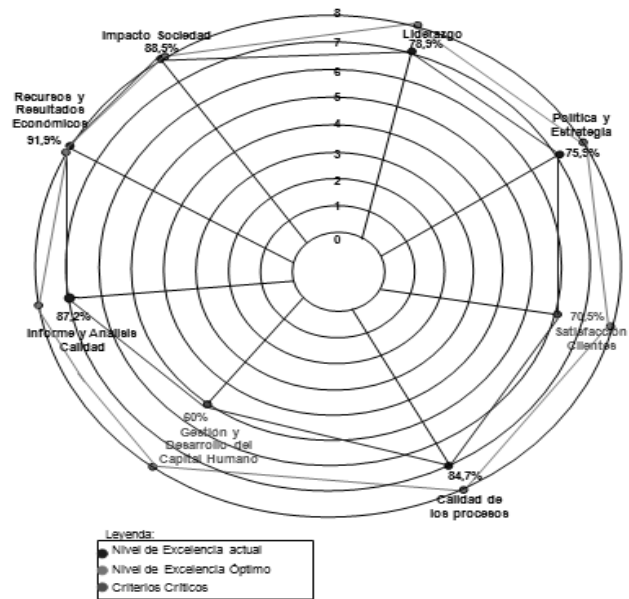


Figura 5. Diagrama Radar con los Niveles de Excelencia obtenidos Fuente. Elaboración propia

En nuestro caso el número de criterios críticos encontrados fue de 4.

$C_{crit} = \{Satisfacción del Cliente; Liderazgo; Gestión y Desarrollo del Capital Humano; Calidad de los Procesos\}$

Sin embargo, ¿cuántos criterios podrán encontrarse en un nivel inferior al deseado y que de todas formas la entidad pueda presentarse a un proceso de evaluación de la excelencia?. Para esto se propone lo siguiente:

Condición a cumplir:

$$L = \{C_{crit}: NE \leq \text{Medio-Bajo}\}$$

donde:

L : Conjunto de criterios que pertenecen al conjunto C_{crit} y que tienen evaluación medio-bajo, bajo o deficiente

C_{crit} : Conjunto de criterios críticos

NE : Nivel de evaluación del criterio

si $Card L \leq 1 - c$ entonces, puede optar por el Premio.

c : índice de concordancia, puede considerarse como 3/4 o 2/3 [16], se propone utilizar el valor de $c = 3/4$, lo que significa que hasta el 25% de los criterios críticos

pertenecientes al conjunto L, pueden tener NE Medio o por debajo de este, para poder presentarse al premio.

En caso de no cumplirse la condición, entonces la empresa aunque se encuentre en un Nivel de Excelencia (NE) Alto/Superior de forma general, no deberá presentarse al premio hasta haber cumplido al 100% el Plan de Acción de Mejoras a elaborar y posteriormente volverse a autoevaluar, para poder conocer la evolución de la organización y si aún tienen brechas considerables o no para poderse presentar a un Premio.

Anteriormente se determinaron los siguientes criterios críticos $C_{crit} = \{ \text{Satisfacción del Cliente; Liderazgo; Gestión y Desarrollo del Capital Humano; Calidad de los Procesos} \}$

De los cuatro criterios críticos encontrados, ninguno corresponde a un Nivel de Excelencia Medio-Bajo, Bajo o Deficiente: Gestión y Desarrollo del Capital Humano y Satisfacción de los Clientes (Medio-Alto), Liderazgo (Alto) y Calidad de los Procesos (Superior) lo que representa un 100% del total de criterios críticos, es por ello que la empresa no se puede presentar al Premio pues los criterios críticos no cumple con la condición planteada.

Card L = 0, $0 \leq 1 - \frac{3}{4} = 0,25$ entonces, puede optar por el Premio.

3.3. Calidad de los datos

Una empresa de servicios telefónicos desea determinar cuáles son los datos críticos de sus clientes que hacen que brinden un servicio deficiente en la confección del directorio telefónico.

Se desea mejorar la calidad de los datos en la creación del directorio telefónico de una ciudad.

Criterios utilizados para la evaluación de la calidad de los datos son: exactitud, integridad y actualidad.

Las alternativas o datos son: nombre, primer apellido, dirección y número telefónico.

En este caso se propone aplicar la 1ra forma propuesta, utilizando para la obtención de los resultados el método ELECTRE II, por la experiencia y competitividad del grupo de expertos involucrados.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la aplicación del método ELECTRE II, note que en el dato o alternativa dirección ha sido obtenido un índice de calidad de la alternativa negativo por lo que se eliminará del conjunto.

Tabla 4. Resultados de la aplicación del método ELECTRE

Datos	Fuerza	Debilidad	Índice de Calidad
Nombre	3	2	1
Primer apellido	3	2	1
Número del Teléfono	3	2	1
Dirección	0	3	-3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Estandarización de los resultados obtenidos de la aplicación del ELECTRE II.

Datos	Estandarización
Nombre	33.3
Primer apellido	33.3
Número del Teléfono	3.33

Fuente: Elaboración propia

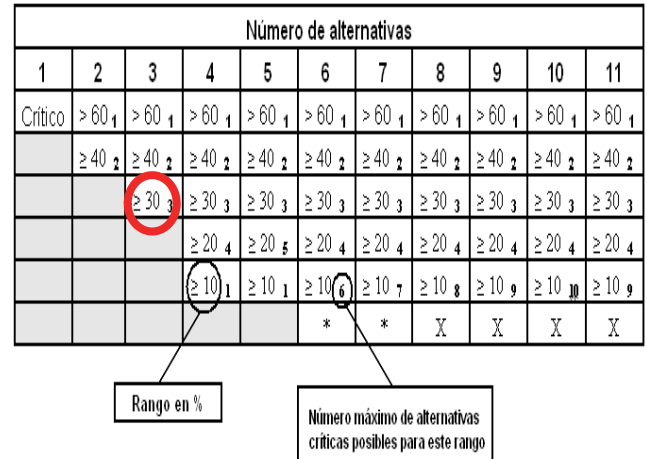


Figura 6. Escala propuesta para determinar las alternativas críticas. Fuente: Elaboración propia

La eq. (4) permite obtener la estandarización de los resultados

$$W_i = \frac{IC_i}{\sum_{i=1}^m IC_i} * 100 \tag{4}$$

donde:

W_i : índice de estandarización del dato i

IC_i : índice de calidad obtenido de la aplicación del ELECTRE II para el dato i

m: cantidad de datos o alternativas

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de la estandarización al aplicar la ecuación 4.

De la aplicación del procedimiento para la implementación de la 1ra forma, se obtiene que existen 3 alternativas críticas (datos críticos) en la Fig. 6 se muestra como se obtuvo esto.

Como todas las alternativas poseen el mismo índice estandarizado (33.3) los tres datos son críticos, nombre, primer apellido y número telefónico, por lo que debe tenerse especial cuidado al incluirlo en el directorio garantizando que no se cometan errores.

4. Discusión

En el trabajo se presentan dos formas con enfoque multicriterio para determinar las alternativas críticas en tres casos diferentes.

La forma 1 es útil si solo se desean obtener las alternativas críticas, sin embargo la forma 2 es preferible si además de obtener estas se requiere determinar cuáles vetan una decisión posterior.

4. Conclusiones

La propuesta de dos métodos utilizando el enfoque multicriterio para la determinación de las alternativas críticas, constituye el aporte más significativo de la presente investigación.

El uso del enfoque del test de veto del ELECTRE II con las modificaciones realizadas para determinar las alternativas críticas con un nivel por debajo del deseado propone una solución factible y fácil de utilizar en un problema de decisión multicriterio.

Se diseñó una escala de apoyo para la toma de decisiones que permite la determinación de las alternativas críticas, tomando en cuenta rangos de valores flexibles, demostrándose su aplicabilidad con la utilización del método PRESS y ELECTRE II.

El procedimiento propuesto para la selección de alternativas críticas presenta la flexibilidad necesaria para la toma de decisiones.

Referencias

- [1] Alvarado, L., et al., Jerarquización multicriterio de la banca: Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en las cajas de ahorro del municipio Guanare, Venezuela, Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura, XV (1), pp. 199-217, 2009.
- [2] Fürst, E., Evaluación multicriterio social: ¿Una metodología de ayuda a la toma de decisiones o un aprendizaje social sujeto a una reinterpretación institucional-evolucionista?, Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, 8, pp. 1-13, 2008.
- [3] Soto-de la Vega, D., Vidal-Vieira, J. y Vitor-Toso, E.A. Metodología para localización de centros de distribución a través de análisis multicriterio y optimización. Revista DYNA 81 (184), pp. 28-35, 2014. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n184.39654>
- [4] Policani, A., Using a MCDA approach for the service quality sorting problem. Memorias electrónicas del XII CLAIO. La Habana, Cuba, T 006, 2004.
- [5] Barker, T.J. and Zabinsky, Z.B., A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process, Revista Omega, 39 (5), pp. 558-573, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2010.12.002>
- [6] González, C. y Garza, R., Una escala para la selección multicriterio de alternativas críticas. Memorias electrónicas del 5to Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica, Electromecánica y Sistemas, pp. 904 -908, 2008.
- [7] García, C. y Muñoz, P., Localización empresarial en Aragón: Una aplicación empírica de la ayuda a la decisión multicriterio tipo ELECTRE I y III. Robustez de los resultados obtenidos, Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa 7, pp.31-56, 2009.
- [8] Vilalta J.A., Procedimiento para el diagnóstico de la calidad de los datos en organizaciones cubanas. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría", La Habana, Cuba, 2008.
- [9] Aragonés, P., Aproximación a la toma de decisiones en proyectos. Implementación de una metodología multicriterio y multiexperto: PRESS II. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 1997.
- [10] Saaty, T., Toma de decisiones para líderes. El proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo. RWS Publications, 1997.
- [11] Romero, B. and Pomerol, J.Ch., Decisiones multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica. Colección de Economía, Universidad de Alcalá, España, 1997
- [12] Doumpos M. and Zopounidis C. A multicriteria outranking modeling approach for credit rating. Decision Sciences, 42, pp. 721-742, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5915.2011.00328.x>

- [13] Roy, B., The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, in Bana, E. and Costa, C.A. (Eds.), Reading in multiple criteria decision aid, Springer-Verlag, Berlin, 1990. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-75935-2_8
- [14] Heras, N., Salinas, E., Martínez, L., González, C. y Garza, R., Sistema de ayuda a la toma de decisiones: Jerarquias y Press. Memorias electrónicas del XII CLAIO 2004. La Habana, Cuba, T 278, 2004.
- [15] Benítez, Y. y Vizcaino, D., Utilización de herramientas matemáticas en la adaptación de modelos de Excelencia, Tesis de Grado Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", La Habana, Cuba, 2007.
- [16] Pino, G., Garza, R. and Pérez, I., Searching for entrepreneurial excellence: An approach to ELECTRE II philosophy. Proceeding of the MS'10 International Conference, published by World Scientific Proceeding Series on Computer Engineering and Information Science Vol. 3. Valencia, España, 2010.
- [17] Modelo EFQM de excelencia. [Online], [Date de referencia: agosto 13 de 2013], Disponible en: <http://www.efqm.org>

R. Garza-Ríos, es Ingeniera Industrial en 1980, MSc. en Optimización y técnicas de ayuda a la decisión, en 1996 y en el año 2001 Dra. en Ciencias Técnicas. Es profesora Titular en Matemática Aplicada del Dpto. de Ingeniería Industrial y profesora de Investigación de Operaciones y Simulación en pregrado. Imparte clases de postgrado en materias asociadas a problemas de decisión con incertidumbre, multicriterio y multiexperto.

C. González-Sánchez, es Ingeniera Industrial en 1970, Esp. en Sistemas Automatizados de Producción y Distribución, y en 1976 Dra. en Ciencias Económicas en el año 1981. Es profesora Titular y Consultante en Matemática en el Centro de Estudios de Matemática para Ciencias Técnicas, profesora de Matemática en pregrado. Imparte postgrado en materias asociadas a problemas de decisión utilizando técnicas matemáticas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Área Curricular de Ingeniería Administrativa e Ingeniería Industrial

Oferta de Posgrados

- Especialización en Gestión Empresarial
- Especialización en Ingeniería Financiera
- Maestría en Ingeniería Administrativa
- Maestría en Ingeniería Industrial
- Doctorado en Ingeniería - Industria y Organizaciones

Mayor información:

Elkin Rodríguez Velásquez
Director de Área curricular
acia_med@unal.edu.co
(57-4) 425 52 02



