

EMPLEO DE MÉTODOS CUANTITATIVOS EN LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN. ESTUDIO DE CASO "POLIGOM"

Resumen / Abstract

El presente trabajo muestra un caso de estudio sobre la evaluación de alternativas de solución, mediante el empleo del árbol de objetivos, encuestas, tormenta de ideas, matriz ponderada de expertos, la relación outranking, el test del veto y la matriz de dominancia; a partir de las cuales se establecen las mejores alternativas sobre las que debe basarse la decisión, en un proyecto dirigido a dar respuesta al creciente mercado de neumáticos diagonales en Cuba y los países del ALBA.

The present paper shows a study case to evaluate the alternative solution by mean the application of: objective tree, surveys, brainstorming, matrix of experts, outranking relation, test of veto and dominance matrix. These tools are applied to establish the best alternatives over which should be bases the decision making to give an answer for the increasing of market's demand on diagonal tires in Cuba and in the countries of the ALBA agreements, within the framework of a project to solve this problem.

Palabras clave / Key words

Métodos cuantitativos, evaluación de alternativas de inversión, toma de decisiones.

Quantitative analysis, evaluation of alternatives for investment, decision making.

José Luis Quirós García, Ingeniero Químico, Director de la fábrica productora de neumáticos "Julio Antonio Mella", Carretera Central Km 24 1/2, Cotorro, Ciudad de La Habana, Cuba.

e-mail: jam@ip.minbas.cu

Miriam L. Filgueiras Sainz de Rozas, Ingeniera Electricista, Máster en Dirección, Profesora Principal, Escuela Superior Industria Básica, (ESIB), Auxiliar, Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Aplicadas, InSTEC, y de la Universidad de La Habana, Cuba.

e-mail: miriam@esib.minbas.cu

Recibido: 07/05/2010

Aprobado: 28/05/2010

INTRODUCCIÓN

La industria cubana de la goma cuenta con dos plantas productoras de neumáticos, cinco recapadoras, una planta productora de calzado textil-goma y artículos técnicos de goma, siendo la base de la tecnología heredada de las antiguas capacidades de las empresas norteamericanas Firestone, Good Year y US Rubber. A principios de la década de los años 80, se realizaron inversiones dirigidas fundamentalmente a adecuar el surtido de la producción al mercado, que imponían los vehículos adquiridos en el campo socialista, sin sustituir los equipos y sistemas obsoletos, por lo que se mantuvo la misma base tecnológica.

En el año 2005, por decisión de la dirección del país, se otorgó financiamiento para la rehabilitación de las cinco plantas de recape. Con el cierre de capacidades del Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ), la apertura para la importación de una gran cantidad de empresas, la caída del campo socialista y la contracción de la economía nacional; el mercado para la producción de neumáticos nuevos se contrajo considerablemente.

La pérdida en más de la mitad del mercado, y del acceso a los suministros de las materias primas, unido a un déficit en el capital de trabajo, provocaron una crítica situación financiera para la industria cubana de la goma (POLIGOM), lo que ha traído como consecuencia la incapacidad de implementar políticas de mantenimiento y desarrollo, que permitan alcanzar los niveles de producción, calidad y eficiencia

que hoy imponen la reanimación de la economía nacional y el fortalecimiento del bloque económico entre los países del ALBA.

En el año 2006, POLIGOM se inserta en los acuerdos integracionistas del ALBA, contratando la materia prima (mezclas de goma) y productos químicos, con créditos blandos y el establecimiento de pagos con fondos propios, lo que unido al otorgamiento de créditos gubernamentales por la República Popular China, garantizan el suministro de cuerda, alambre y tejido para calzado. De esta forma se ha logrado asegurar la reanimación y continuidad en la producción de la industria de la goma.

Descripción del problema [1]:

Aún no se cubre la demanda nacional de neumáticos, en los surtidos agrícola y de transporte, erogando el país cifras anuales superiores los 500 millones de USD, con una dependencia total de los países del ALBA en la importación de neumáticos desde países desarrollados capitalistas, situación que afecta el desarrollo económico al que aspiran.

Descripción de la situación futura:

¿Si no hay proyecto, qué pasaría?

Continuaría el envejecimiento de la tecnología instalada, hasta llegar a la paralización total de la producción, trayendo como consecuencia la dependencia total de las importaciones y dejando libre la posibilidad de negociar los precios.

De no construirse una nueva planta, con el crecimiento proyectado de la economía, y consecuentemente, el consumo de neumáticos; ello provocaría un mayor número de clientes insatisfechos.

Descripción de la situación deseada (Efecto anticipado del proyecto) [1]:

- Elevar la disponibilidad técnica de un 83.5% a un 100%, garantizando la seguridad operacional.
- Incrementar capacidades de 186 mil neumáticos a 420 mil neumáticos al año.
- Certificar los Sistemas de Gestión de Calidad.
- Lograr con el incremento y estabilización de la producción nacional, la regulación de los precios de importación.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MÉTODO UTILIZADO

En la literatura especializada, indistintamente, esta temática de la Teoría de la Decisión es referida también, entre otras formas, como Análisis de la Decisión [2]. Su contenido se corresponde con distintas técnicas cuantitativas que permiten argumentar las decisiones, en cualquier esfera de la actividad humana, orientadas hacia una finalidad; es decir, el contenido se sitúa en la Investigación de Operaciones, conocida también como la Ciencia de las Decisiones. Esta denominación está dada por la potencialidad que brinda, para efectuar el análisis en una situación de decisión. En el presente trabajo se exponen los elementos relacionados con la “toma de decisiones bajo incertidumbre” [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9].

La Teoría de la Decisión, en su sentido más amplio, tiene como objeto la toma racional de decisiones. Se evidencia la consideración de la valoración subjetiva del Decision Maker (DM, en lo adelante), así como el carácter de

ciencia empírica y normativa de esta teoría, por cuanto sus conclusiones están permanentemente sometidas al contraste de la experiencia. Se pueden identificar dos grupos de criterios en los que se basa la toma de decisiones: los que encierran las cuestiones económicas y los que encierran los deseos psicológicos del DM, donde se manifiestan las preferencias de éste.

Aunque esta teoría se puede abordar desde el enfoque de procesos, en este trabajo se aplica la Teoría de la Decisión como una técnica cuantitativa que sirve de apoyo a la toma de decisiones en problemas que presentan determinadas características [4; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16]. Se ha empleado como técnica matemática que permite establecer la mejor alternativa o curso de acción a fin de resolver un determinado problema, fundamentalmente en situaciones para las cuales la información es insegura o, en algunos casos, casi inexistente; lo que condiciona un proceso de toma de decisiones bajo incertidumbre, ya sea total o parcial.

Como aspectos esenciales de los problemas que se abordan, están los siguientes [4; 6; 7; 8; 9; 13; 15; 16]:

- La selección implica tomar partida por una, y solamente una, alternativa de decisión o estrategia dentro del universo de variantes generadas.
- El análisis, y por tanto la elección de la estrategia o alternativa de decisión, se debe efectuar antes que ocurra la acción externa que influirá en las consecuencias de la decisión adoptada, y donde el DM (Decision Maker) no puede ejercer control alguno sobre ésta.
- Entre los métodos más importantes se encuentran:
- El proceso analítico jerárquico (AHP) desarrollado por Saaty.
- Los métodos basados en las relaciones de superioridad (outraking).

Dentro de estos métodos, los más relevantes son los denominados métodos ELECTRE, considerados una filosofía, ya que implementa el concepto de relación “outranking” o de superioridad.

La fase 1 de la filosofía ELECTRE se puede representar gráficamente como se muestra en la Figura 1 [17].

La forma de establecer la relación de superioridad ha condicionado el surgimiento de diferentes métodos dentro de filosofía de los ELECTRE, de los que se conocen sus versiones I, II, III, IV, IS y TRI, asumiendo todos la existencia de dos fases.

El objetivo del método es establecer la *preferencia estricta* (cuando existen claras y positivas razones para justificar que una de las dos alternativas es significativamente preferida a la otra), la *preferencia débil* (cuando una de las dos alternativas no es estrictamente preferida a la otra, pero resulta imposible decir que sean indiferentes), *indiferencia* (cuando existen claras y positivas razones para considerar que las alternativas son equivalentes) e *incomparables* (cuando las alternativas son incomparables cuando ninguna de las situaciones anteriores predomina); de unas alternativas de decisión con relación a otras y así establece la existencia de umbrales de indiferencia y de preferencia:

**EMPLEO DE MÉTODOS CUANTITATIVOS EN LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.
ESTUDIO DE CASO “POLIGOM”**

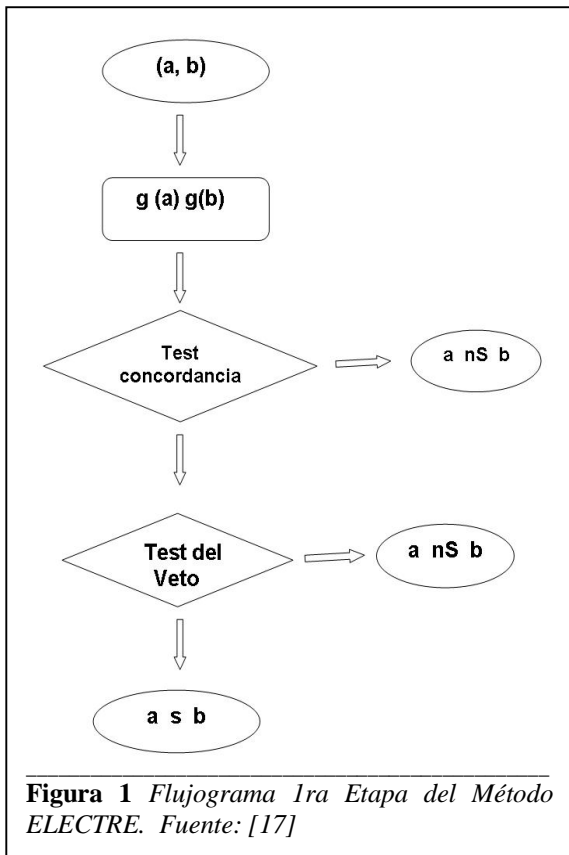


Figura 1 Flujograma 1ra Etapa del Método ELECTRE. Fuente: [17]

- Umbrales de indiferencia: $a I b$ sí y sólo sí $|g_j(a) - g_j(b)| \leq q_j$, donde q_j es el umbral de indiferencia.
- Umbrales de preferencia: $a P b$; sí, sólo sí; $g_j(a) \geq g_j(b) + p_j$ ó $a Q b$; sí, solo sí; $q_j < g_j(a) - g_j(b) < p_j$. Donde p_j es el umbral de preferencia.

ESTABLECIMIENTO DE LA RELACIÓN SUPERIORIDAD (OUTRANKING) [6; 8; 14; 16]

Para poder pasar satisfactoriamente esta fase, dentro de las filosofías ELECTRE, es necesario el cumplimiento de dos test:

- Test de Concordancia
- Test del Veto

En el Test de Concordancia, se busca una regla de mayoría que flexibilice la unanimidad, estableciéndose dentro de este test el cumplimiento de dos pruebas:

- Mayoría simple
- Consenso

Una vez realizada la comparación entre cada par de alternativas, se pasa a la fase 2, en la cual se obtiene el ordenamiento de las alternativas [3; 9; 17].

EXPLOTACIÓN DE LA RELACIÓN OUTRANKING

Para resolver esta fase, se utilizan los conceptos de fuerza y debilidad.

Sea $F(a)$: la fuerza alternativa a , el número de $a' \in A$, tales que $a S a'$.

$$F(a) = \text{card}^1 \{a' \in A / a S a'\}$$

Sea $D(a)$: la debilidad de la alternativa a , el número de $a' \in A$ tales que $a' S a$.

$$D(a) = \text{card} \{a' \in A / a' S a\}$$

¹ Card significa cardinal

Sea $I(a)$: el índice de calidad de la alternativa $a \in A$, calcular, $F(a)$, $D(a)$, e $I(a)$.

El ordenamiento de las alternativas se realiza utilizando, el índice de calidad de las mismas, la de mayor índice de calidad (I), tiene mayor posición en el ranking.

Los atributos de selección de alternativas se muestran a continuación y en árbol de atributos representado en la Figura 2:

- Impacto.
- Tiempo ejecución.
- Financiamiento.
- Capital e Inversiones.
- Costo.
- Capacidad respuesta.

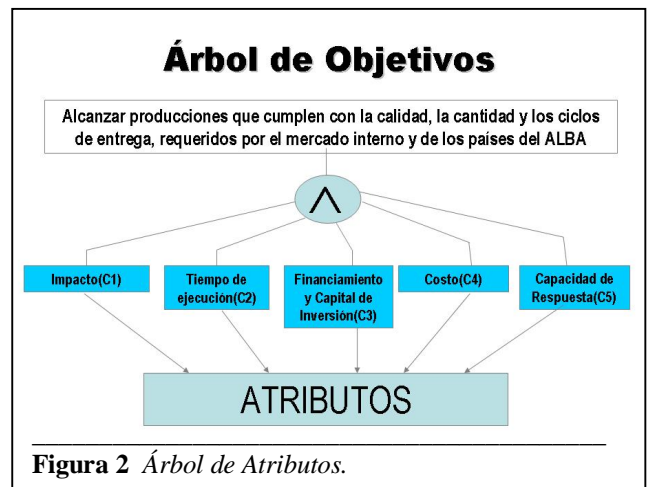


Figura 2 Árbol de Atributos.

Análisis de alternativas [1]

Variante #1

Rehabilitar las dos plantas existentes en Cuba.

Variante #2

Construir una nueva planta en Cuba.

Variante #3

Construir una planta en la República Bolivariana de Venezuela.

Selección de alternativa:

Se reúne el Comité de Expertos de la industria de la goma para evaluar los diferentes criterios en cada alternativa de solución, su peso W_j y la valoración de cada criterio para cada alternativa, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 1.

Solución del problema:

Mediante la filosofía de los ELECTRE y el Outranking, basado en la relación de superioridad entre alternativas [8; 14; 15; 16].

TABLA 1					
Evaluación de Alternativas por los expertos					
Alternativas	Impacto (C1)	Tiempo ejecución (C2)	Financiamiento y Capital e Inv. (C3)	Costo (C4)	Capacidad respuesta (C5)
W_j	5	3	4	4	5
No. 1	E	MB	E	B	B
No. 2	MB	B	R	MB	R
No. 3	MB	R	E	B	B

Fase 1. Relación Outranking

Test de Concordancia.

- Prueba de Consenso

$$J^+ = (j \in J/a P_j b)$$

$$J^- = (j \in J/a I_j b)$$

$$J = (j \in J/b P_j a)$$

$$I_1 = \frac{\sum_{J^+} W_j + \sum_{J^-} W_j}{\sum_{J} W_j}$$

Si, $I_1 \geq 3/4$ Superación estricta

Si, $I_1 \geq 2/3$ Superación débil

- Prueba de Mayoría Simple

$$I_2 = \frac{\sum_{J^+} W_j}{\sum_{J} W_j}$$

Si, $I_2 \geq 1$ Pasa la Prueba de la Mayoría Simple.

En la Tabla 2 se muestran los valores calculados para establecer la relación.

TABLA 2 Cálculo de los valores para establecer la relación										
Par	J ⁺	J ⁻	J	ΣWJ ⁺	ΣWJ ⁻	I ₁	ΣWJ	I ₂	Resultado	
1-2	1,2,3,5	∅	4	17	0	0,8	4	4,25	1 S 2	
1-3	1,2	3,4,5	∅	8	13	1	0	N/S	1 nS 3	
2-1	4	∅	1,2,3,5	4	0	0,19	17	0,23	2 nS 1	
2-3	2,4	1	3,5	7	5	0,57	9	0,77	2 nS 3	
3-1	∅	3,4,5	1,2	0	13	0,61	8	N/S	3 nS 1	
3-2	3,5	1	2,4	9	5	0,66	7	1,2	3 S 2	

$$J = (1, 2, 3, 4, 5)$$

$$W_{total} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 21$$

Test del Veto.

Se produce Veto a la Afirmación de a S b, si:

$J \neq \emptyset$ y existe $j \in (J \cap J_{crit})$ donde

$J_{crit} = (j \in J/W_j > W_{med})$ está vetando.

$$W_{med} = 4.2$$

TABLA 3 Resultados de la Prueba de Consenso y de la Prueba de Mayoría Simple		
Relación de Superioridad	$j \in J$	$W_j > W_{med}$
1 S 2	(4)	$4 < 4,2$
3 S 2	(2,4)	$3 < 4,2$ $4 < 4,2$

Como se concluye de la Tabla 3, no se vetan ninguna de las dos condiciones de superioridad.

Fase 2. Explotación de la Relación de Outranking

F(a) Número de alternativas tales que a Pj a' (Fuerza de la alternativa sobre las demás)

$$F(a) = \text{card} (a' \in A/a P_j a')$$

D(a) Número de alternativas tales que a' Pj a (Debilidad de la alternativa frente a las demás)

$$D(a) = \text{card} (a' \in A/a' P_j a)$$

I(a) Índice de calidad de la alternativa a

$$I(a) = F(a) - D(a)$$

La matriz de dominancia se expone en la Tabla 4.

TABLA 4 Matriz de Dominancia						
Alternativas	1	2	3	F	D	I
1		S	N	1	0	1
2	N		N	0	2	-2
3	N	S		1	0	1

Fuente: [1]

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las Alternativas 1 y 3 presentan el mismo índice de calidad, por lo que ambas son equivalentes, presentan *indiferencia* para su selección. Es decir, tanto la rehabilitación tecnológica de las dos plantas productoras en Cuba, como la construcción de una nueva planta en Venezuela, resolverían la situación problemática y ambas poseen ventajas que las hace viables a un mismo nivel jerárquico, desde el punto de vista de los expertos que hicieron la evaluación.

Ello significa que ambas alternativas permitirían cubrir la demanda nacional de neumáticos y satisfacer el incremento proyectado para los países del ALBA, a partir de la ampliación en las capacidades productivas sobre los 420 000 neumáticos anuales, cumpliendo además los estándares de disponibilidad técnica y de calidad.

En el caso estudiado, se aprecia la utilidad del método, sobretodo en presencia de decisiones con una componente sociológica fuerte en la decisión.

RECOMENDACIONES

1. Continuar trabajando en el perfeccionamiento teórico de la herramienta utilizada en este trabajo, con el fin de ampliar su alcance y contenido.
2. Extender la aplicación de la metodología propuesta, como herramienta para la toma de decisiones multicriterio, en la propia empresa.
3. Perfeccionar y dar seguimiento al estudio realizado, para su concreción. 🏠

REFERENCIAS

1. QUIRÓS, J.L. "Trabajo de Investigación sobre el empleo de los Métodos Cuantitativos en los Procesos de Toma de Decisiones". La Habana: Ponencia I Taller de Gestión Empresarial en la Industria Básica, ESIB, diciembre 2009.
2. KOONTZ, H. y WEHRICH, H. *Elementos de Administración*. México: Editorial McGraw-Hill, 1994.
3. ANDERSON, D. R., SWEENEY, D. J. y WILLIAMS, T. A. *Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración*. México: Grupo Editorial Iberoamérica S. A., 1993.
4. DAVIS, K. R. y MCKEOWN, P. G. *Modelos Cuantitativos para Administración*. México: Grupo Editorial Iberoamérica S. A., 1986.

EMPLEO DE MÉTODOS CUANTITATIVOS EN LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN. ESTUDIO DE CASO "POLIGOM"

5. GALLAGHER, CH. A. y WATSON, H. J. *Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración*. México: Mc Graw Hill, 1990.
6. GORDON, G., PRESSMANN, I. y COHN, S. *Quantitative Decision Making for Bussiness*. [s.l.]: Prentice Hall, 1990.
7. JONES, J. M. *Introduction to Decision Theory*. Canada: Editado por R. W. Irwing, 1977.
8. LEVIN, R., RUBIN, D. S. y STINSON, J. P. *Quantitative approaches to management*. [s.l.]: Mc Graw Hill, 1986.
9. LÓPEZ CACHERO, M. *Análisis y adopción de decisiones*. España: Ediciones Pirámide. S. A., 1989.
10. BIERMAN, H., BONINI, C. y HAUSMAN, W. *Análisis Cuantitativo para la Toma de Decisiones*. Versión española de la octava versión en inglés Copyrigh 1996. [s.l.]: Mosby-Doyma Libros, S. A, División IRWIN, 84-8086-273-4
11. BUENO, E., CRUZ ROCHE, I. y DURÁN, J.J. *Economía de la Empresa: Análisis de las Decisiones Empresariales*. España: Ediciones Pirámide S. A, 1989.
12. GARRIDO BUJ, S., PÉREZ GAROSTEGUI, E. y RODRÍGUEZ CARRASCO, J.M. *Economía de la Empresa (Introducción)*. España: Universidad Nacional de Educación a distancia, 1988.
13. GOULD, F. J., EPPEN, G. D. y SCHMIDT, C. P. *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S. A, 1991.
14. IGNIZIO, J. P. y JATINDER, G. *Operations Research in Decision Making*. New York: Crane, Russak and Company, 1975.
15. LIEBERMAN G. y HILLIER, F. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Cuarta edición (español). [s.l.]: Edit. Mc Graw-Hill, 1997.
16. WINSTON, W. *Operations research. Applications and Algorithms*. Boston: PWS-KENT Publishing Company, 1991.
17. MARTÍNEZ, E. "Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones: Decisiones Multicriterio". Fac. Ingeniería Industrial, 2009.

C I E N C I A Y T É C N I C A



Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cjaje