

# COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE AYUDA A LA DECISIÓN MULTIATRIBUTO EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE ITINERARIO DE VEHÍCULOS.

Rosario Garza Ríos<sup>1</sup>, Caridad González Sánchez<sup>2</sup>, Ileana Pérez Vergara<sup>3</sup>

Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba

## RESUMEN

Un objetivo fundamental de cualquier empresa distribuidora o productora / distribuidora ya sea una empresa tradicional o una empresa.com es realizar la distribución en forma eficiente. Entiéndase por eficiente, servir al cliente con: la calidad requerida, en el tiempo fijado y al menor costo posible, es decir, cambiar la filosofía de productor de la empresa por una filosofía orientada al cliente, lo que constituye un elemento de diferenciación, que permite a las empresas mantenerse en la competencia. Esta última característica revela la esencia multicriterio\* del problema de distribución: por una parte se encuentran los intereses de la empresa distribuidora y por la otra los intereses de los clientes, estos criterios están generalmente en conflicto.

En el presente trabajo se muestra la solución del problema de itinerario de vehículo con enfoque multicriterio aplicando diferentes métodos multicriteriales en espacios discretos con el objetivo de comparar los resultados obtenidos por cada uno de las alternativas para cada criterio en dependencia del método, facilidades para su aplicación, entre otros.

## ABSTRACT

A key objective of any distributor or producer / distributor either a traditional or ebusiness.com company is to achieve efficient distribution. Understood like efficient, to serve to customer with: the required quality, at the appointed time and at the lowest differentiation, which allows companies to stay in the competition. This last feature reveals the character multicriterio of distribution: on the one hand are the interests of the producer / distributor and the other the interests of clients, these criteria are usually in conflict.

In the present paper shows the solution of Vehicle Routing Problem with multi-criteria approach using different methods in multicriteria discrete spaces in order to compare the results obtained by each of them and determine if there are significant differences between these, considering various factors such as talkative preference, evaluation of alternatives for each criterion depending on the method, facilities for implementation, among others.

**KEYWORDS:** multicriteria, schedule vehicle comparison

MSC: 90C29

## 1. INTRODUCCIÓN.

Como es conocido el problema de distribución se descompone en dos subproblemas:

- Planificación lógica: planificación de las secuencias de nodos a visitar en una red de distribución (problema de itinerario de vehículos).
- Planificación física: planificación de las rutas físicas que enlazan cada pareja de nodos en la red de distribución.

Aunque el problema de la planificación lógica ha recibido gran atención en la literatura científica y empresarial, su carácter multicriterio aún ha sido poco tratado [13], [22], [10], [16], [11], el enfoque de este problema a través de la Teoría de la decisión multicriterio resulta interesante.

El problema de la planificación lógica de rutas de distribución, de acuerdo a los nuevos enfoques de gestión empresarial se considera un problema multicriterio, máxime cuando al vincularse al concepto de calidad, lo distinguen la presencia de múltiples atributos [8]. Según criterio de las autoras, enfocar dicho problema con un

---

<sup>1</sup> [rosariog@ind.cujae.edu.cu](mailto:rosariog@ind.cujae.edu.cu)

<sup>2</sup> [carvg@ind.cujae.edu.cu](mailto:carvg@ind.cujae.edu.cu)

<sup>3</sup> [ileper@ind.cujae.edu.cu](mailto:ileper@ind.cujae.edu.cu)

\* el problema contiene más de un criterio que debe ser valorado para tomar la decisión.

nuevo paradigma decisional dentro de las " tecnologías de las decisiones ", constituye un aporte científico y metodológico.

Este enfoque puede ser aplicado en el ámbito empresarial en cualquier entidad distribuidora o productora/distribuidora una vez se definan los criterios de decisión. En estos momentos considerar el costo, la calidad del servicio y el tiempo que tarda en prestarlo es un reto para cualquier organización.

Actualmente existen dos fuertes tendencias para resolver un problema de decisión en el cual se deseen considerar un conjunto de criterios (atributos): la teoría del valor (escuela norteamericana de la decisión) y la escuela descriptiva (escuela europea de la decisión), cada escuela ha desarrollado un conjunto de métodos cualquiera de los cuales puede ser utilizado para resolver el problema de itinerario de vehículos.

En el presente trabajo se muestra la comparación de los resultados obtenidos utilizando algunos de los métodos desarrollados para resolver problemas de decisión multicriterio.

En el epígrafe 1 del trabajo se presenta el problema de itinerario de vehículos y su enfoque multicriterial, una selección de métodos para resolver este problema y su comparación se muestra en el epígrafe 2, al final se proponen las conclusiones derivadas del trabajo.

## 2. ENFOQUE MULTICRITERIO AL PROBLEMA DE ITINERARIO DE VEHÍCULOS.

El planteamiento del problema de rutas de distribución según la bibliografía consultada [4], [21], [14],[15], [5], [16] es:

Existe una red de comunicación que une un conjunto de clientes  $U_1, U_2, \dots, U_n$  y se dispone de un depósito o almacén central  $U_0$ , en el que se encuentran vehículos de capacidades determinadas y se desea diseñar las rutas para servir a los clientes de los que se conoce su posición en la red y su demanda, que puede ser de uno o varios productos, considerando una medida de efectividad el costo y / o la distancia. En general para realizar el servicio es necesario establecer más de una ruta (varios vehículos o varias rutas de un mismo vehículo).

Entonces, el problema de ruteo de vehículo consiste en obtener un conjunto de rutas por vehículo a un costo mínimo, el modelo matemático que caracteriza el problema de itinerario de vehículos es el siguiente:

Definición de la variable de decisión:

$$X_{ij} : \begin{cases} 1 & \text{si se viaja del cliente } i \text{ al cliente } j \\ 0 & \text{no se viaja del cliente } i \text{ al cliente } j \end{cases}$$

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{oj} = \sum_{j=1}^n X_{jo} \leq m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} - \sum_{j=1}^n X_{ji} = 0 \quad \forall i \in V \quad (3)$$

$$X_{ij} (T_i + t_{ij} - T_j) \leq 0 \quad \forall i, j \in A \quad (4)$$

$$a_i \leq T_i \leq b_i \quad \forall i \in V \quad (5)$$

$$X_{ij} (D_i + d_j - D_j) \leq 0 \quad \forall (i, j) \in A \quad (6)$$

$$d_i \leq D_i \leq K \quad \forall i \in V \quad (7)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A \quad (8)$$

donde:

$c_{ij}$  : medida de efectividad unitaria (costo, distancia o tiempo).

$o$ : origen o centro distribuidor.

$m$ : número de viajes.

$T_i$  : hora en que comienza la actividad en el nodo  $i$ .

$t_{ij}$  : tiempo de servicio que incluye el tiempo de servicio del nodo  $i$  y el tiempo de viaje de  $i$  a  $j$ .

$a_i$  : hora de comienzo del servicio en el nodo  $i$ .

$b_i$  : hora de finalización del servicio en el nodo  $i$ .

$D_i$  : carga acumulada del vehículo en el nodo  $i$ .

$d_i$  : demanda del nodo  $i$ .

$K$  : capacidad del vehículo.

Significado de las restricciones:

- la restricción (1) representa la función objetivo del problema.
- las restricciones (2) y (3) son las que garantizan la secuencia de nodos a visitar.
- la (4) y la (5) representan restricciones de ventanas de tiempo.
- la (6) y la (7) son restricciones de demandas.
- la restricción (8) representa las condiciones de no negatividad.

Para darle solución a este problema se han desarrollado tres generaciones de algoritmos: utilizando la programación matemática, aplicando los métodos heurísticos y la más actual la utilización de la metaheurística y los algoritmos genéticos, en la tabla 1 se realiza un resumen de las tres generaciones de algoritmos desarrollados.

Generación	Características	Desventajas
Primera	Aplicación de métodos heurísticos	No brindan solución óptima, aunque sí una buena solución
Segunda	Aplicación de la Programación Matemática	Generan problema NP*
Tercera	Aplicación de algoritmos genéticos y la metaheurística	Los algoritmos genéticos son muy lentos en obtener la solución.

**Tabla 1** Características de las generaciones de algoritmos desarrollados para resolver el problema de rutas.

Es de destacar, que en ningún método desarrollado hasta el momento ya sea de optimización o heurístico se ha considerado en la modelación y solución del problema el planteamiento derivado de los enfoques modernos de la gestión empresarial (satisfacer las demandas de los clientes con el mínimo costo posible) lo que establece la existencia de objetivos en conflictos, satisfacción del cliente y costo, expresándose como:

Max CS (satisfacción del cliente)

Mín Costo

En la tabla 2 se expone a través de la solución de un ejemplo donde se desea satisfacer la demanda de 20 clientes, como se manifiesta esta contradicción:

	Alternativas de ruteo								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	99	101	89	102	150	80	110	75	73
CS	16	17	15	17	19	15	18	15	14

**Tabla 2** Alternativas de ruteo

donde:

$C$ : costo de la alternativa

$CS$ : cantidad de clientes satisfechos

---

\* NP de la complejidad de algoritmos problemas que crecen exponencialmente con la dimensión del problema

Según el enfoque clásico, de minimizar costo, la alternativa de enrutamiento 9 es la mejor con un costo de \$73 pero con solo 14 clientes satisfechos, mientras que el enrutamiento de mayor cantidad de clientes satisfechos es el 5 con 19 clientes satisfechos pero cuyo costo asciende a \$150.00. En este caso resulta demasiado engorroso determinar, **cuál es la mejor alternativa de solución**, pues en dependencia del Decision Maker y de su situación, una solución es mejor que la otra.

Por lo que:

Es interesante notar que en el propio planteamiento del problema se asume la existencia de dos o más objetivos en conflicto. En opinión de las autoras, la aplicación del análisis multicriterio podría enriquecer la formulación del problema y propiciar la aplicación de métodos más flexibles que permitan llegar a mejores soluciones de compromiso entre objetivos en conflicto. Resolver este problema utilizando un enfoque de optimización multiobjetivo presenta las mismas limitaciones del paradigma tradicional de optimización por lo que muchos autores proponen la solución de este problema utilizando técnicas multicriterio en espacios discretos, generando las diferentes alternativas de ruteo utilizando cualquier método heurístico o meta heurístico adecuado y posteriormente seleccionar la mejor alternativa apoyándose en las técnicas multicriterio en espacios discretos.

Este enfoque fue el asumido por las autoras para el desarrollo del presente trabajo.

A continuación se muestra la utilización de algunos métodos de toma de decisiones multicriterio en espacios discretos para resolver un problema de itinerario de vehículos.

### 3. COMPARACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIOS.

De acuerdo a la bibliografía consultada [20], [6], [7], [17], [18] no existen criterios que avalen la superioridad de un método sobre otro, todos permiten obtener la mejor alternativa.

Técnicas	Ventajas	Limitaciones
Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Permite una organización jerárquica del problema en distintos niveles, cosa que no pueden hacer los métodos que exigen comparaciones globales de las alternativas.</li> <li>➤ Incluye en el método la asignación de pesos a los atributos, lo cual facilita la tarea de "extraer" de la mente del decisor esta información de una forma confiable.</li> <li>➤ Detecta y acepta, dentro de ciertos límites la incoherencia de los decisores humanos.</li> <li>➤ No necesita información cuantitativa acerca del resultado que alcanza cada alternativa en cada uno de los criterios considerados, sino tan sólo los juicios de valor del centro decisor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cuando alguna matriz tiene juicios inconsistentes se hace más engorroso el trabajo, debido a que hay que eliminar esta inconsistencia.</li> </ul>
Suma Ponderada	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Método sencillo y de fácil aplicación.</li> <li>➤ Incluye en el método la asignación de pesos a los atributos, lo cual facilita la tarea de "extraer" de la mente del decisor esta información de una forma confiable.</li> <li>➤ No necesita información cuantitativa acerca del resultado que alcanza cada alternativa en cada uno de los criterios considerados, sino tan sólo los juicios de valor del centro decisor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La función de valor ordinal no modela las preferencias ni la intensidad de las preferencias</li> <li>➤ La función de valor es un método compensatorio y la mente humana no lo es.</li> </ul>
ELECTRE II	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se basa en el establecimiento de una relación de superioridad.</li> <li>➤ Crea relaciones de comparación entre fuerte y débil.</li> <li>➤ Crea condiciones de concordancia y discordancia diferentes.</li> <li>➤ Admite la existencia de umbrales de indiferencia<sup>4</sup> y umbrales de preferencia<sup>5</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Modelación insuficiente del veto.</li> <li>➤ No se considera la intensidad de las preferencias.</li> <li>➤ Pueden resultar alternativas incomparables y de esta forma no se puede llegar al orden de las mismas.</li> </ul>
PRESS II	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Favorece la participación en la decisión final.</li> <li>➤ Decisión con un mayor grado de confianza y apoyo.</li> <li>➤ Permite un análisis del problema tomando en cuenta factores que pudieran de otra forma escapar al decisor.</li> </ul>	
MEROUTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No es necesario que el decisor exprese sus preferencias sobre cada criterio.</li> <li>➤ Utiliza umbrales de preferencia e indiferencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Solamente es válido para seleccionar la mejor alternativa de ruteo.</li> </ul>

**Tabla 3** Ventajas y Limitaciones de los Métodos Propuestos

Los métodos multicriterio que se analizan en este trabajo son el método PRESS II [1] ,[2], la Suma ponderada, AHP[19] y de la filosofía de los ELECTRE [3], [12] el ELECTRE II y MEROUTE [8] el cual utiliza la

<sup>4</sup>umbrales de indiferencia: a I b sí y sólo sí  $|g_j(a) - g_j(b)| \leq q_i$  donde  $q_i$  es el umbral de indiferencia.

<sup>5</sup>umbrales de preferencia: a P b sí y sólo sí  $g_j(a) \geq g_j(b) + p_j$  ó a Q b sí y sólo sí  $q_i < g_j(a) - g_j(b) < p_j$  donde  $p_j$  es el umbral de preferencia.

filosofía de los ELECTRE en particular el ELECTRE IV, estos fueron seleccionados debido a su facilidad de uso y comprensión en el modelado de los problemas, además de que se encuentran automatizados proporcionando ligereza en su aplicación y fiabilidad en los cálculos y resultados.

En la tabla 3 se muestran algunas de las ventajas y desventajas de estos métodos [20].

Para realizar el análisis comparativo se seleccionaron 10 casos ejemplo de itinerario de vehículos. A continuación se muestran las alternativas y las evaluaciones de un de los ejemplos estudiados.

Una fábrica de helados es la encargada de producir y distribuir helados de alta calidad. Actualmente se ofrecen dos tipos de helados: A y B. Este último se produce con un contenido de grasa menor. En estos momentos la fábrica brinda alrededor de 30 sabores y 7 formas de presentación.

En un día X la fábrica de helados debe satisfacer la demanda de 50 clientes, la generación de las alternativas de ruteo, las evaluaciones de los criterios para estas alternativas fueron obtenidas con la ayuda del software DRSoft [9]. Solamente se consideraron del total de las alternativas generadas las no dominadas [23], [17],[3] que son las que formaran parte del conjunto solución.

En la tabla 4 aparecen las características de las alternativas generadas.

Alternativas	Cantidad de rutas	Costo	Tiempo	NS	NPS	NLS	NCI
1	7	40.20	5:15	33	-	5	3
2	6	39.50	4:30	32	3	1	5
3	8	39.00	4:20	32	-	5	4
4	6	40.00	5:00	33	2	6	-
5	7	41.00	5:00	33	2	3	3

**Tabla 4** Características de las alternativas generadas.

donde:

*NS* : número de clientes satisfechos.

*NPS*: número de clientes poco satisfechos.

*NLS*: número de clientes parcialmente satisfechos.

*NCI*: número de clientes insatisfechos.

Los pesos de los criterios fueron obtenidos con el uso de técnicas de grupo, utilizando el método rating para la obtención del peso grupal [23].

Para cada método se realizó un trabajo grupal teniendo en cuenta las escalas que propone cada uno de ellos. En la tabla 5 se muestra los pesos obtenidos para la aplicación del método MEROUTE [8] en el caso de la fábrica de helados.

Criterio	Peso
Costo	0.20
Tiempo	0.148
NS	0.178
NPS	0.163
NLS	0.141
NCI	0.168

**Tabla 5** Peso de los criterios según la votación de los expertos.

De forma similar se obtuvieron las alternativas de ruteo para cada uno de los casos objeto de estudio: una fábrica de pan y dulce, una distribuidora de carnes y sus derivados, una fábrica de bebidas y licores, una empresa distribuidora de productos del mar y sus derivados, un almacén central de una cadena de tiendas que distribuye productos varios a tiendas pertenecientes a la cadena, una empresa productora/distribuidora de productos lácteos, una fábrica productora/distribuidora de cemento, la distribución del desayuno escolar a centros educativos y una fábrica de artículos de perfumería y productos de aseo.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis realizado de los 10 casos objeto de estudio. En las columnas se muestran el porcentaje de coincidencia de los métodos utilizados en la selección de "la mejor alternativa", "la peor" y el ranking obtenido.

Caso	"Mejor alternativa"	"Peor alternativa"	Ranking
1	100	100	100
2	100	100	60
3	100	100	100
4	100	50	50
5	100	50	50
6	100	100	100
7	100	100	100
8	100	100	100
9	100	100	80
10	100	100	100

**Tabla 6.** Resultados del análisis comparativo.

De la tabla 6 se puede concluir que en el 100% de los casos los métodos coinciden en la selección de la mejor alternativa lo que muestra la objetividad de los mismos, la validez de su aplicación ya que el resultado es consecuente considerando los pesos asignados a los criterios y las evaluaciones de las alternativas para cada criterio en dependencia del método utilizado, en el 80% de los casos coinciden en la peor. Los resultados donde se observan las mayores diferencias son los que corresponden al ranking existiendo 4 casos en los que hay diferencias en el ordenamiento de las alternativas. Las variaciones en el ranking constituyen un resultado lógico esperado por las autoras, por cuanto hay un rango de variación en el comportamiento de una alternativa con respecto a otra para algunos de los criterios que pertenece a un conjunto difuso compensándose alguna de estas valoraciones y produciendo un cambio poco significativo en el ordenamiento.

En la tabla 7 se muestra el ordenamiento de las alternativas obtenido para los casos en los cuales no existe coincidencia en los métodos propuestos, donde se puede observar que las diferencias no son significativas

Caso	Método				
	PRESS	AHP	Suma Ponderada	ELECTRE II	MEROUTE
2	3, 5, 6, 2, 4	5, 3, 6, 4, 2	5, 3, 6, 4 y 2	3,6, 5, 4,2	3, 6, 5, 4, 2
4	5, 4, 3, 8, 1, 2, 6	5, 4, 3, 8, 2, 1, 6	5, 4, 8, 3, 1, 2, 6	5, 3, 4, 1, 8, 2, 6	5, 4, 8, 3, 1, 6, 2
5	4, 3, 1	4, 3, 1	3, 4, 1	3, 1, 4	4, 3, 1
9	1, 3, 6	1, 6, 3	3, 1, 6	3, 1, 6	1, 3, 6

**Tabla 7** Ordenamiento de las alternativas excluyendo la mejor y peor para los casos donde no existe coincidencia

Para validar estos resultados y concluir que técnica multicriterio es mejor utilizar para la selección de la mejor alternativa de ruteo se propone utilizar una dócima no paramétrica utilizando la distribución binomial. La dócima fue realizada para la variable ranking que fue la que presentó las mayores variaciones:

Sea  $X$ : cantidad de casos en que la concordancia entre los métodos no es del 100% en una muestra de 10.

$$X = 4$$

$$H_0: p_0 \geq 0,4 \quad (\text{No hay concordancia entre los métodos}).$$

$$H_1: p_0 < 0,4 \quad (\text{Hay concordancia entre los métodos}).$$

Región crítica

$$X < \beta(1-\alpha; n; p)$$

$$4 < \beta(1-0,05; 10; 0,4)$$

$$4 < \beta(0,95; 10; 0,4)$$

$$\beta(0,95; 10; 0,4) = 1$$

$4 > 1$  Rechazo  $H_0$ , lo que implica que hay concordancia entre los métodos.

No existe ninguna evidencia que justifique que algún método es mejor que otro para resolver el problema de itinerario de vehículos con enfoque multicriterio, todos están concebidos para dar apoyo al proceso de toma de decisiones. En el caso de las decisiones de ruteo en ambientes de certidumbre existen diversas técnicas como: AHP, PRES II, ELECTRE II, Suma Ponderada, MEROUTE; las cuales tienen diferentes ventajas y limitaciones como se expresó anteriormente, sin embargo no existe un criterio que diga cuando debe seleccionarse cada una

aunque se sugiere que se escoja la técnica a usar en dependencia de la información que se posea de los decisores y de acuerdo a como estos den sus preferencias.

En los casos analizados en este trabajo se puede observar que las técnicas multicriterio estudiadas pueden ser utilizadas indistintamente para la selección de la mejor alternativa de ruteo, aunque debe tenerse en cuenta las características de cada una de ellas.

#### 4. CONCLUSIONES

Las técnicas AHP, PRESS, Suma Ponderada y la filosofía de los ELECTRE (ELECTRE II y MEROUTE) pueden ser utilizadas indistintamente para la selección de la mejor alternativa de ruteo.

En la selección de la mejor y peor alternativa no existen diferencias significativas entre los métodos utilizados y las que se obtuvieron en el ordenamiento de las alternativas pueden considerarse no significativas.

RECEIVED JULY, 2010  
REVISED JANUARY, 2012

#### REFERENCIAS

- [1] ARAGONÉS, P. (1997): Aproximación a la Toma de Decisiones Multicriterio en Proyectos. Implementación de una metodología Multicriterio y Multiexperto: PRES II. **Trabajo presentado en opción al grado académico de Doctor en Ciencias**. Universidad Politécnica de Valencia.
- [2] ARAGONÉS, P. (2010): Toma de decisiones. Enfocado a TD en proyectos. Apuntes sobre el tema. Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] BARBA ROMERO S, y POMEROL J.C (1997): **Decisiones multicriteio Fundamentos teóricos y utilización práctica**, Colección de Economía, Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España.
- [4] COROMINAS A. y COMPANY R (1991): El problema del Diseño de Rutas, Revista CIM, No 22, Editora CETISA.
- [5] DÍEZ DE CASTRO J.A et al (1997): Ayuda a la decisión: Un nuevo instrumento de gestión. Monografía de la Universidad de Santiago de Compostela, España (<http://www.monografias.com/trabajos14/toma-decisiones/toma-decisiones.shtml>).
- [6] FERNÁNDEZ, G. y ESCRIBANO, M.C. (2006): “Nuevos Criterios Generalizados para modelar las preferencias del decisor en los Métodos de Relaciones de Superación”. **Rect@**, 7, 95-117.
- [7] FRENCH S(1986): **Decision Theory: An introduction to the mathematics of rationality**. Halsted Press New York.
- [8] GARZA, R. y GONZÁLEZ C.(2004): MEROUTE: Un método multiatributo para el problema de ruteo de vehículos. **Revista Investigación Operacional**, 25, 270 – 277.
- [9] GARZA, R. y GONZÁLEZ C.(2004): DRSoft: un soporte computacional para el diseño de rutas de distribución, **Revista Investigación Operacional**, 25, 260 – 269.
- [10] HERNÁNDEZ J. y GARCÍA M.J (2000): Rutas turísticas y múltiples factores. **X Congreso Latino Iberoamericano de Investigación de Operaciones**, Ciudad de México.
- [11] HOLMES, R.A y PARKER, R,G (1976): A vehicle scheduling procedure based upon saving and a solution perturbation scheme. **Operation Research Quartely**. 27, Issue 1. Part 1, . 83-92.
- [12] LEYVA J.C, FERNANDEZ E.(2003): A new method for group Decision Support Based on Electre III Methodology, **European Journal of Operational Research**. 148, 14-27.
- [13] MARDECHAI I. (1994): Efficient Interactive Methods for a class of multiattribute shortest path problems. **Management Science** 40, 891-897.

- [14] PENA A (1995): **Análisis multicriterio en el diseño de rutas de distribución**, Proyecto fin de carreras, Facultad de Industrial, Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”, La Habana, Cuba.
- [15] PÉREZ J, y AZOFRA R (1976): La implementación computacional del algoritmo de Lemaire para la determinación de recorridos de distribución con restricciones múltiples, **Revista Investigación Operacional**, 19, 39-54.
- [16] PRADENAS L (2000): Uso de meta heurísticas en la resolución de problemas prácticos de Operation Research. **X Congreso Latino iberoamericano de Investigación de Operaciones. Ciudad de México.**
- [17] ROMERO C. (1997): **Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones**. Alianza Editorial S. A. Madrid.
- [18] ROY B, VANDER POOTEN D (1995): The european school of MCDA: A historical review. **Proceedings of the XIV Euro Working Group Conference OR Toward intelligent decision support**, Jerusalem.
- [19] SAATY T. (1997): **Toma de decisiones para líderes. El proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo**. RWS Publications, Pittsburgh.
- [20] SALINAS, EIVIS (2004): Herramientas para la toma de decisiones multicriterio multiexperto: Ventajas y Limitaciones. **Memorias de XII Congreso Latinoamericano de Investigación de Operaciones, CLAIO 2004**, La Habana, Cuba.
- [21] SANTOS D. (2000): Localización competitiva para servicios esenciales con asignaciones proporcionales. Una aplicación a la distribución comercial alimenticia en Canarias. **X Congreso Latino iberoamericano de Investigación de Operaciones. Ciudad de México.**
- [22] STEWART, THEODOR J.; BELTON VALERIE (2002): **Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated approach**, Klumer Academic Publishers, Boston..
- [23] TABUCANON M.(1988): **Multiple Criteria Decision Making in Industry, Studies in Production and Engineering Economics**, Elsevier, Amsterdam .