



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SUBCONTRATACIÓN DE LA ACTIVIDAD LOGÍSTICA PARA VEDIA COMERCIAL.

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

PRESENTA:

ISRAEL COLÍN MIRANDA

DIRECTOR: DR. GABRIEL DE LAS NIEVES SÁNCHEZ

GUERRERO



DICIEMBRE

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

A mi hermosa familia:

**Elbita** (mi esposa)

**Lichita** (mi mamá)

**Mario** (mi papá)

**Mine** (mi hermanita)

**Mario I.** (mi brother)

**Carmelita** (mi hermanita)

**Jimenita** (mi ahijada)

Mis suegros (**Ramón, Alicia**) y mis cuñadas (**Jaz, Clau, Gis**)

gracias por todo su amor y cariño.

A mis profesores y miembros del jurado especialmente a mi director de tesis, **Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero**.

## ÍNDICE

<b>Prefacio</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Antecedentes</b> .....	<b>5</b>
1.1. <b>Situación actual de la logística en Vedia Comercial</b> .....	<b>5</b>
1.2. <b>Problemática de Vedia Comercial</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Marco teórico</b> .....	<b>11</b>
2.1. <b>La tercerización en la Logística</b> .....	<b>11</b>
2.2. <b>Jerarquización Analítica</b> .....	<b>14</b>
2.3. <b>Electre</b> .....	<b>20</b>
2.4. <b>Promethee - Gaia</b> .....	<b>29</b>
<b>3. Evaluación de las alternativas</b> .....	<b>38</b>
3.1. <b>Análisis del problema</b> .....	<b>38</b>
3.2. <b>Definición de los criterios de decisión</b> .....	<b>39</b>
3.3. <b>Evaluación</b> .....	<b>42</b>
<b>4. Conclusiones. Análisis y discusión de resultados</b> .....	<b>56</b>
<b>5. Anexos</b> .....	<b>63</b>
<b>6. Referencias</b> .....	<b>64</b>

## Prefacio.

El presente trabajo evaluará las alternativas de subcontratación de la actividad logística para Vedia Comercial. A causa del incremento en la demanda de las actividades que ésta involucra (almacenamiento y distribución física de productos) dada la necesidad de satisfacer a sus nuevos clientes por su recién incursión como proveedor de componentes industriales de zamac. Las alternativas van desde la adquisición propia de los activos, la operación también propia de la gestión de almacenes y la distribución física, hasta la tercerización o subcontratación total de dichas actividades.

En el Sistema logístico de Vedia Comercial, como en cualquier sistema logístico, hay que considerar y conciliar varios objetivos a la vez que regularmente se encuentran en conflicto entre sí, por lo que la utilización de métodos de decisión multicriterio para la evaluación antes mencionada es no sólo necesaria sino indispensable. Los métodos multicriterio que se usarán para esta evaluación son: AHP (Jerarquización analítica), Electre y Promethee-Gaia, por ser éstos los métodos más usados en la actualidad por los tomadores de decisión. Cabe mencionar que dichas técnicas son representativas de las escuelas americana y europea respectivamente.

Este manuscrito será de utilidad en primer lugar a la empresa Vedia Comercial, y puede servir como ejemplo, susceptible de ser enriquecido por los tomadores de decisión en el área de logística, para aplicaciones similares enfocados a otros sectores o ramos de la industria y el comercio, así como a los especialistas en evaluación de alternativas, en las cuales se involucren varios objetivos que hay que conciliar.

El lector encontrará, en la primera parte de éste trabajo (capítulo uno) la descripción de la situación actual de la logística en Vedia Comercial, así como la problemática que enfrenta al ver superada su capacidad de almacenamiento y distribución física, debido a la ya referida incursión como proveedor de componentes de zamac a gran escala. También encontraremos a detalle cuales son las opciones o alternativas que se proponen para hacer frente a esta problemática y como es que se piensa evaluarlas.

El segundo capítulo está dedicado a definir, las características de la tercerización de la logística y sus bemoles, y realizar algunas proposiciones de toma de decisión que servirán como base teórica e incluso analítica de los capítulos subsecuentes. También está destinado a describir los métodos y modelos: AHP, Electre y Promethee-Gaia, para evaluar, jerarquizar y seleccionar las alternativas definidas en el primer capítulo. Además este capítulo contiene múltiples aplicaciones que permitirán al lector entender y usar adecuadamente las técnicas en su operatividad. En los casos que se analicen y en cada metodología que se caracterice, estará claramente expuesta la teoría subyacente y en el caso de Promethee-Gaia, la herramienta computacional utilizada (Decisión Lab).

El capítulo tercero contiene la evaluación de las alternativas para el manejo de la logística de Vedia Comercial, la operatividad de los métodos y modelos del anterior capítulo serán relegados a un segundo plano, para dar lugar al proceso de investigación, solución e implantación de los métodos y modelos que permitan encontrar la mejor alternativa a nuestra problemática. En este capítulo se define el problema, los criterios de decisión y sus escalas de medición para culminar con la jerarquización de las alternativas y la selección de una de ellas.

En el capítulo cuarto, el lector encontrará un análisis de los resultados obtenidos, el cual lleva dos vertientes: *la primera*, es crear una discusión al someter a los métodos de decisión multicriterio utilizados en una comparación entre sí con el fin de decir cual de ellos es el más adecuado, y *la segunda*, realizar un análisis de sensibilidad de los resultados a fin de probar que tan buena o sólida es la solución encontrada a nuestro problema.

## 1. Antecedentes.

### 1.1. Situación actual de la logística en Vedia Comercial.

Vedia Comercial es una empresa mexicana comercializadora y distribuidora de las marcas: Diana, Verona y Fermo cuyos productos son: **1) herrajes para la industria peletera y del calzado** (ojillos, adornos, estoperoles, remaches rápidos, hebillas zapateras de lámina, hebillas de alambre, eslabones, broches de presión y pasacintos), **2) artículos ferreteros de pequeñas dimensiones** (armellas, aldabas, alcayatas, argollas, colas de pato y postes de aluminio), **3) herrajes finos de Zamac** (hebillas para calzado, hebillas para cinturón casual y de vestir, hebillas western, broches para bolsa, pasagujetas, bandolas y botones), **4) productos Industriales** (placa y tapa para enchufes eléctricos, chasis y manivela para interruptores eléctricos, balata para lavadora, casquillo y tapón para fusible, manivelas para llaves de paso, tuercas, goznes, válvulas de precisión y taquetes de expansión), **5) remaches de clavo**, **6) graseras** y **7) cinchos de Nylon**.

Para el manejo de la logística, gestión de almacenes y distribución física, Vedia Comercial S.A. de C.V. posee una capacidad, la cual se desglosa a continuación:

#### Almacén

Cuenta con un espacio físico de 800 m<sup>2</sup> para el manejo de su inventario, con una capacidad de surtido de 15 Ton/día.

Sus costos son:

#### Directos

	Sueldo/mes	#	Costo/año
<i>Mano de Obra</i>			
<i>Supervisor</i>	7,000.00	1	84,000.00
<i>Almacenistas</i>	4,000.00	8	384,000.00
	<b>Costo Adq.</b>	<b>Vida Útil</b>	
<i>Bodega</i>	3,300,000.00	20	165,000.00
<i>Racks</i>	300,000.00	10	30,000.00
<i>Cajas Plástico</i>	50,000.00	3	16,666.67
<i>Tarimas</i>	50,000.00	3	16,666.67
<i>Montacargas, carros y/o diablos</i>	500,000.00	10	50,000.00
<i>Flejadoras</i>	50,000.00	10	5,000.00
<i>Equipo de oficina y computo</i>	100,000.00	3	33,333.33
	<b>Subtotal</b>		<b>784,666.67</b>

#### Indirectos

	Gasto/mes	
<i>Energía eléctrica</i>	30000	360,000.00
<i>Papel</i>	1000	12,000.00
<i>Marcadores, plumas, tinta.</i>	100	1,200.00
<i>SAP</i>	1000	12,000.00
<i>Seguros</i>		2% 87,000.00
	<b>Subtotal</b>	<b>472,200.00</b>

**Total 1,256,866.67**

**Total/mes 104,738.89**

## Distribución

Vedia Comercial cuenta con una flotilla de 3 camionetas de 3 toneladas, 1 de 5 y 1 de 1.2 para distribuir su producto en la zona metropolitana, con un costo aproximado de operación de \$1,123.33 por día por ruta, distribuido de la siguiente manera:

	Tipo de costo	\$/mes
<b>Mano de Obra</b>	Fijo	28,755.95
<b>Mano Obra tiempo extra</b>	Variable	9,247.38
<b>Depreciación de Camionetas</b>	Fijo	20,500.00
<b>Combustible</b>	Variable	7,187.98
<b>Mantenimiento</b>	Variable	4,838.96
<b>Seguros</b>	Fijo	2,333.33
<b>Otros</b>	Fijo	1,276.00
		<b>74,139.60</b>

Estos rubros se descomponen de la siguiente forma:

### Mano de Obra

Fija

	Sueldo mensual
Coordinador de Embarques	8,444.44
Chofer 1	4,222.22
Chofer 2	4,222.22
Chofer 3	4,222.22
Ayudante 1	2,548.29
Ayudante 2	2,548.29
Ayudante 3	2,548.29
	<b>28,755.95</b>

Variable

	Horas / carga	Horas en Ruta	Total	Horas Extra día	Horas Extra mes
Recorrido Centro	3.5	8	11.5	2.50	55
Recorrido Vallejo	4.5	7.6	12.1	3.10	68.2
Recorrido Neza	4.5	6.25	10.75	1.75	38.5
Recorrido Xoch.	4.5	4.6	9.1	0.10	2.2
					<b>163.90</b>
Horas Laborales	<b>9.00</b>				
Pago doble horas	<b>327.80</b>				
Chofer y ayudante	<b>28.21</b>				
	<b>9,247.38</b>				

### Depreciación de Camionetas

	Valor Factura	Dep. Anual	Dep. Mensual
Sprinter 1	340	68	5.67
Sprinter 2	390	78	6.50
Sprinter 3	390	78	6.50
Cheyenne	70	14	1.17
Eurovan	40	8	0.67
			<b>20.50</b>

Período de Depreciación (en años): 5



**Combustible**

	Km/día promedio	Frecuencia (días)	Frecuencia %	Km / día real
Recorrido Centro	77	39	78%	60.06
Recorrido Vallejo	99	44	88%	87.12
Recorrido Neza	82	43	86%	70.52
Recorrido Xochimilco	77	7	14%	10.78
				<b>228.48</b>
Costo diesel (\$/litro)	5.5	40	80%	
Costo gasolina (\$/litro)	6.6	10	20%	
Costo combustible (\$/litro)	<b>5.72</b>			
Rendimiento (Km / litro)	<b>4</b>			
No. de días muestra	<b>50</b>			
Consumo de combustible (\$/día)	<b>326.73</b>			
Días hábiles del mes	<b>22</b>			
<u>Combustible</u>	<b>7,187.98</b>			

**Mantenimiento**

	Km / Día	Período de manto. (días)	Mantos. / año	\$/mes
Sprinter 1	60	249	1.06	1,234.37
Sprinter 2	60	249	1.06	1,234.37
Sprinter 3	60	249	1.06	1,234.37
Cheyenne	23	657	0.49	567.92
Eurovan	23	657	0.49	567.92
				<b>4,838.96</b>

Período de mantenimiento (Km)	15,000
Costo de Mantenimiento	14,000
Días hábiles del año	264

**Otros**

	\$/mes
Comisiones a policías del centro	600
Tarjetas de teléfono	300
Papelería	200
Renta de computadoras	176
	<b>1,276.00</b>

Cabe mencionar que el costo mensual está dividido en tres rutas (Centro, Vallejo y Nezahualcoyotl) que son las que regularmente se cubren por día. El peso, volumen y el número de clientes que son atendidos con estos recursos es de:

Clientes	Cajas	Kg	Con un costo de (\$)
40	236	7,089	3,370

## 1.2. Problemática de Vedia Comercial .

Vedia Comercial se enfrenta a un incremento en peso, volumen y número de clientes que requieren ser atendidos dentro del área metropolitana de la ciudad de México.

El incremento referido es:

Clientes	Cajas	Kg
5	500	15,000

Como se observa son pocos los clientes que se incrementan; sin embargo, mucho el volumen que es necesario manejar, lo que hace insuficiente la capacidad de almacenaje y distribución actual. Entonces la problemática radica en decidir, ¿Qué es lo más conveniente?: **1)** el tercerizar la actividad logística o **2)** ampliar la capacidad de almacenamiento y distribución de Vedia Comercial

Si solamente tomáramos el valor monetario como referencia (costo), la decisión se traduciría en hacer una inversión de aproximadamente **\$10, 000,000 MN** en activos fijos (10% de la ventas anuales), es decir ampliar la capacidad en almacenamiento y distribución física, o derogar mensualmente por conceptos de almacenaje y distribución externos, no menos de **\$270,000 MN**, que significa la subcontratación total de la actividad.

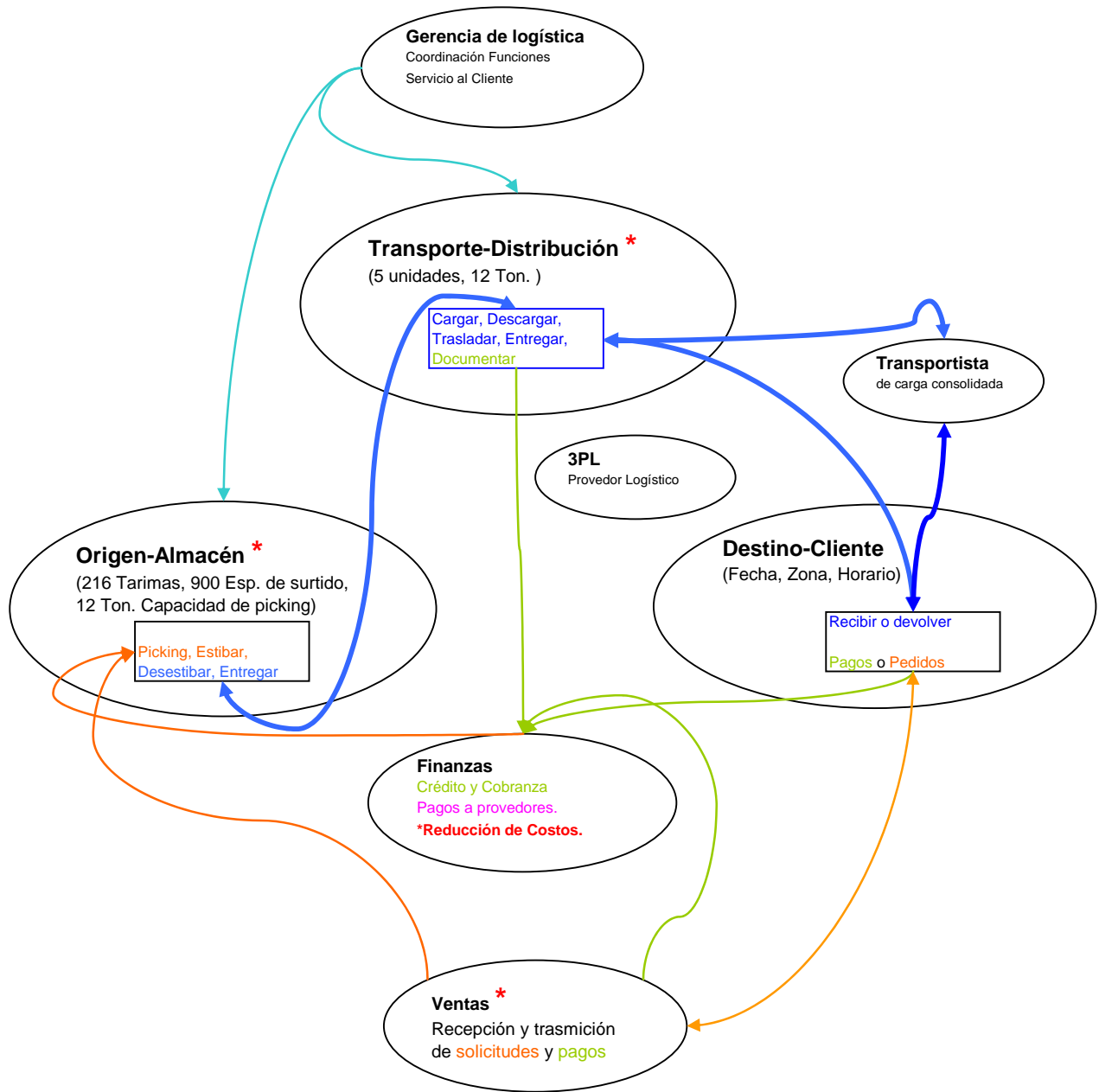
Debido a lo anterior, el espectro de alternativas que se tomarán en cuenta para la decisión de la tercerización o la ampliación de la capacidad logística de Vedia Comercial son:

Almacenamiento	Distribución	No. Alternativa
Subcontratación Total	Subcontratación Total	1
Subcontratación Total	Arrendar Camionetas, Operación Propia.	2
Subcontratación Total	Activos y Operación Propias	3
Subcontratar Operación, Activos Propios	Subcontratación Total	4
Subcontratar Operación, Activos Propios	Arrendar Camionetas, Operación Propia.	5
Subcontratar Operación, Activos Propios	Activos y Operación Propias	6
Renta de Espacio, Operación Propia	Subcontratación Total	7
Renta de Espacio, Operación Propia	Arrendar Camionetas, Operación Propia.	8
Renta de Espacio, Operación Propia	Activos y Operación Propias	9
Operación y Activos Propios	Subcontratación Total	10
Operación y Activos Propios	Arrendar Camionetas, Operación Propia.	11
Operación y Activos Propios	Activos y Operación Propias	12

El proceso logístico es parte esencial del cierre de las ordenes o pedidos emitidos por los clientes; para el cual es necesario validar, controlar y documentar cada uno de los procedimientos que se llevan acabo, dado que se vuelven evidencia y pauta para el inicio de una nueva orden, es decir de la continuidad de la relación comercial.

Para Vedia Comercial el proceso logístico se da de la siguiente manera:

## Mapa Conceptual del Sistema Logístico de Vedia Comercial<sup>1</sup>



\*

<sup>1</sup> Anexo, SSM

\* Significa áreas en las que se persigue una constante reducción de costos

Como se puede observar en un proceso logístico participan diferentes actores, los cuales a su vez realizan distintos procedimientos y cumplen singulares políticas, cuyos objetivos específicos no necesariamente se encuentran alineados entre sí. Como ejemplo de dos objetivos en conflicto tenemos que: por un lado para el almacén es conveniente trabajar órdenes de surtido, en las cuales no sea necesario abrir embalajes (Órdenes Completas **OC**) y por otra parte los pedidos de los clientes usualmente no se apegan a las cantidades cerradas del embalaje; de esta situación se puede vislumbrar que un objetivo para el almacén podría ser la disminución de sus costos operativos en el surtido (empleando menos personal) y lo lograría si la mayoría de las órdenes de surtido fuesen **OC**, sin embargo también se puede apreciar que para el área de Ventas no sería nada fácil obligar al cliente a pedir cierta cantidad de producto para que el almacén siempre trabaje con **OC** y que el cliente perciba esta obligatoriedad como un requisito para otorgarle un mejor servicio y además poder conservarlo como tal cuando en el mercado la competencia cada vez se adapta más a las necesidades específicas de cada cliente.

Para ello han surgido diversos enfoques, métodos y soluciones los cuales para la problemática arriba descrita son idóneos. Las técnicas "Jerarquización Analítica, Electre y Promethee" son catalogadas como métodos de análisis de decisión multicriterio y es evidente que la decisión que se debe tomar con respecto al proceso logístico de la empresa Vedia Comercial cae dentro de éste tipo, por lo que las técnicas antes mencionadas se adoptarán para abordar y solucionar dicha problemática.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio sirven para tomar decisiones más racionales y eficaces en sistemas que presentan condiciones de pluralidad y conflicto en los objetivos o actores participantes.

Los elementos contemplados por los métodos multicriterio consisten en:

1. Calificar las diversas alternativas (definir qué opciones, precisar objetivos, diseñar criterios).
2. Jerarquizarlas.
3. Seleccionar la más viable.

Dado que el objetivo de esta tesis no es ahondar en el estudio del segundo elemento numerado, considero necesario puntualizar que la jerarquización de dichas alternativas es también una parte fundamental, puesto que evidencia el grado idóneo de tercerización de la actividad logística, para que pueda ser ubicada en el contexto adecuado para su posterior evaluación, tanto de su desempeño como de su relación en el tiempo con el proveedor logístico (3PL).

## 2. Marco teórico.

Es necesario, para seleccionar la alternativa más viable, abordar algunos conceptos de técnicas de evaluación multicriterio, así como los antecedentes de las tendencias de tercerización de la logística más recientes; por lo tanto, a continuación se presentan cuatro apartados que constituyen el marco teórico del presente trabajo:

### 1.1. La tercerización en la Logística.

No hay duda en que hoy en día la tercerización de los procesos en la industria globalizada es una alternativa real e importante, que tiene múltiples beneficios y que ha llevado a las empresas a considerar ésta opción como viable y lucrativa.

En cuanto a una evaluación más concreta acerca de la tercerización de la actividad logística, ésta se debe hacer de manera muy particular en el medio y bajo las condiciones donde se desenvuelve la empresa contratante del servicio, puesto que: **1)** la actividad logística involucra múltiples actividades para las cuales es complejo identificar medidas de desempeño generales que favorezcan significativamente la tendencia a tercerizar éste proceso y **2)** la obtención de resultados relevantes en dicha actividad es a largo plazo.

A través de la literatura existente podemos darnos una idea de cuales son los puntos medulares al realizar una evaluación de este tipo. Los aspectos más relevantes del desempeño de la tercerización de la logística, que la historia reciente ha podido encontrar como críticos, son los siguientes:

1. Expectativas y Comunicación: Estipular por escrito claramente las necesidades logísticas de la empresa contratante del servicio. Dicho documento, va más allá del sólo contrato y, deberá incluir la elaboración de un plan conjunto del proyecto de tercerización en el cual se definan medidas de desempeño comunes y estrategias de intercambio de información y comunicación.

“Las razones para tercerizar la actividad logística son: 1) la reducción de los costos, así como el cambio en su estructura de fijos a variables y 2) el aumento en la capacidad de almacenaje y distribución, así como el acceso a conocimientos y tecnologías especializadas con los que cuentan ciertos proveedores logísticos, lo que permite a la compañía contratante enfocar sus esfuerzos en su Core-Bossiness.”<sup>1</sup>

“Si bien los contratos formales con cláusulas de penalización o prevención ante situaciones inesperadas son el mecanismo básico para gobernar las relaciones de tercerización, resulta tan complicado anticipar con precisión como irá el desarrollo de la relación, que el contrato puede ser mas bien un acuerdo de confianza que una verdadera protección legal contra conductas oportunistas y mal desempeño del operador logístico.”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Manuel del Moral

<sup>2</sup> Moore, K. R. (1998). Trust and Relationship Commitment in Logistics Alliances: A buyer Perspective

Entonces sería un error, pensar que con la mera existencia de contratos en una relación de tercerización evitaría el que se presentasen situaciones de asimetría en la información (el proveedor sabe más sobre la actividad logística que el mismo comprador), o se eximiese a las empresas contratantes de la gran dificultad a la que se enfrentarían si quisieran cambiar de proveedor, aún cuando en el mercado hubiera proveedores calificados, debido a que los costos resultarían ser tan elevados que se prefiriese continuar manteniendo la relación a pesar de que la consideren ineficiente e insatisfactoria.

“La comunicación continua y abierta no sólo contribuye a mejoras operativas, también favorece la integración de la cadena de suministros y un mejor servicio al cliente.”<sup>3</sup>

2. Confianza: Dado que la confianza en la relación 3PL-cliente se desarrolla a través de interacciones repetidas encaminadas a fortalecer la calidad de la relación, Knemeyer y Murphy<sup>4</sup> (2004) proponen que la reputación de la 3PL y la satisfacción con sus servicios — ya sean debidas a la experiencia previa del cliente o transmitida por socios comerciales cercanos— son los criterios sustitutos que *a priori* utilizan los compradores para confirmar su expectativa de que el operador logístico cumplirá con sus compromisos y no exhibirá conductas oportunistas.

Una vez que la relación se ha establecido y se han hecho esfuerzos para administrarla con base en la confianza mas que a los contratos legales, Knemeyer y Murphy (2004) proporcionan evidencia estadística de que a mayor grado de confianza hay un incremento en el nivel de desempeño operativo, expresado este desempeño superior en términos de reducción de costos de logística, mayor capacidad de respuesta y acceso a tecnologías de información avanzadas.

3. Integración: Para que en una relación de tercerización los beneficios no solo se den en un nivel inferior (reducción de costos y eficacia en la ejecución de actividades rutinarias), sino que llegue a otros niveles superiores donde se ven involucradas estrategias actuales para la administración efectiva de la cadena de suministros (como: ECR respuesta efectiva al cliente o CPFR abastecimiento, pronóstico y planeación colaborativa, que persiguen beneficios superiores y una ventaja competitiva) es necesario alinear los objetivos y establecer una relación de integración entre el 3PL y la empresa.

A medida que el 3PL amplía la cobertura de sus servicios (por ejemplo almacenaje más control de inventarios, empaclado y distribución) y se desarrollan enlaces empáticos entre comprador y 3PL, la relación de tercerización se convierte en una ventaja competitiva que se traduce en ganancias que no podrían ser obtenidas individualmente por cada participante. La relación de tercerización habrá evolucionado a la formación de una alianza logística, en la cual cliente y tercera parte combinan, intercambian e invierten en el desarrollo de recursos, conocimientos y mecanismos de regulación, decreciendo los costos de transacción y logrando fusionar de forma única sus capacidades y recursos para desarrollar las actividades logísticas en forma novedosa.

---

<sup>3</sup> Knemeyer, A. M. y Murphy, P. R. (2004). Evaluating the Performance of Third Party Logistics Arrangements: A Relationship Marketing Perspective, *Journal of Supply Chain Management*, 40 (1), pp. 35-51.

<sup>4</sup> *Íbid.*

En el contexto de la Logística, Lambert<sup>5</sup> identifica tres clases de relaciones de compra-venta con un 3PL. En el nivel más bajo (tipo I) se tiene una perspectiva de corto plazo, y una coordinación y planeación conjunta de actividades limitada a un área funcional. En un segundo nivel (tipo II), la perspectiva de la relación es de largo plazo y se involucra a múltiples áreas funcionales, en tanto que en el nivel más alto de asociación (tipo III) se da un nivel de integración notable, no se visualiza un tiempo de terminación para la relación y cada organización considera a la otra como una extensión de si misma. De acuerdo a Lambert el grado de integración de las asociaciones de tercerización está determinado principalmente por tres elementos: 1) los motivadores, 2) los facilitadores y 3) las acciones administrativas.

1) Los motivadores son los incentivos por los cuales se establece la relación: lograr eficiencias operativas y en costos, mejorar servicio al cliente, la posición en el mercado de la empresa o su rentabilidad. Los motivadores no tienen que ser los mismos para ambas partes pero sí suficientes a fin de hacer la inversión de los recursos necesarios para construir una relación de reciprocidad en la que ambas partes compartan sus conocimientos sobre la actividad logística que se terceriza.

2) Los facilitadores se refieren a las condiciones del ambiente que contribuyen al desarrollo de la relación: la compatibilidad entre culturas organizacionales, los estilos de administración, la simetría entre empresas, la proximidad física, la experiencia previa con el proveedor o con empresas del mismo sector y el que se tengan clientes o socios de negocios comunes. El análisis de los motivadores y facilitadores es relevante a fin de anticipar fallas en la relación y para seleccionar proveedores. Por ejemplo, un mercado de proveedores monopolista implica una situación de asimetría en la díada cliente-proveedor, incrementando la probabilidad de que se den situaciones de oportunismo por la cual el cliente obtenga beneficios inferiores a los del proveedor o incluso ponga en riesgo el desempeño de la actividad logística que fue cedida.

3) Las acciones administrativas engloba todas aquellas intervenciones enfocadas a lograr el establecimiento de la relación de asociación, como son la planeación conjunta, la comunicación constante y efectiva, compartir riesgos y beneficios, el alcance de las inversiones financieras y las gestiones hechas para crear confianza y compromiso con la otra parte.

4. Disposición para resolver Conflictos: En un estudio, después de analizar 339 relaciones de tercerización, Moore (1998)<sup>6</sup> identifica a la ocurrencia de conflictos como un factor con fuerte impacto negativo en el desarrollo de la confianza, el desempeño de la relación y sobre todo en el compromiso expresado por el comprador para continuar participando e invirtiendo en la relación. En contraste, el compromiso y equidad manifestados por el operador logístico contribuyen positivamente al desarrollo de la confianza y al desempeño.

En consecuencia, Moore recomienda a las 3PL no sólo enfatizar sus capacidades técnicas y exhibir sus competencias para desarrollar cierta actividad logística, sino también encontrar los medios para informar sobre su interés en mantener relaciones de equidad, prepararse a fin de mostrar su capacidad para el manejo de conflictos, presentar los beneficios que implica su intervención y expresar su alto compromiso y motivación en la relación realizando inversiones específicas al servicio logístico que se presta. Estas acciones tendrán que ser mostradas en la etapa de implementación de la relación, probablemente antes de que se den contratos legales, y consideradas dentro del plan de transición que establezca la díada.

---

<sup>5</sup> Lambert, D. M., Emmelhainz, M. y Gardner, J. T. (1999). . Building Successful Logistics Partnerships

<sup>6</sup> Moore, K. R. (1998). Trust and Relationship Commitment in Logistics Alliances: A buyer Perspective

## 1.2. Jerarquización Analítica.

La Jerarquización Analítica (Analytic Hierarchy Process - AHP) es un instrumento para la evaluación y selección de alternativas catalogado como multicriterio compensatorio (se le califica así cuando las ventajas de un determinado atributo o criterio pueden ser intercambiadas por las desventajas de otro), que se basa en algoritmos de agregación.

Los algoritmos de agregación consisten en la aplicación de procedimientos matemáticos para sintetizar los valores obtenidos por cada alternativa, respecto a todos los criterios considerados en el análisis. Los valores obtenidos pueden referirse tanto a las puntuaciones de las alternativas respecto de algún criterio, como a la utilidad que reporta el puntaje obtenido en éste último.

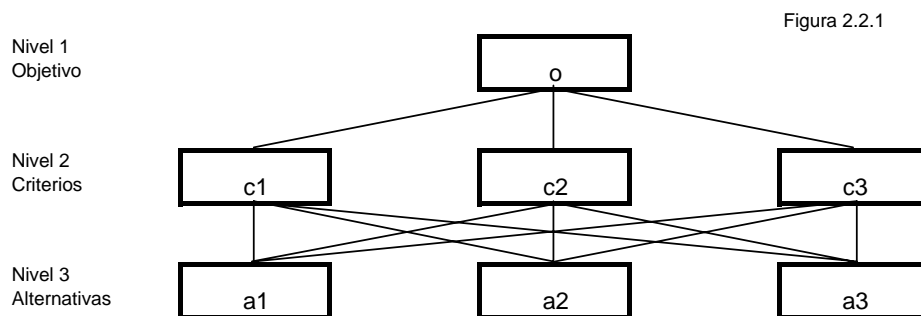
“El método de Jerarquización Analítica fue desarrollado durante los años setentas en la Universidad de Pennsylvania por el Dr. Thomas L. Saaty al buscar elaborar un instrumento formal para la evaluación y selección de alternativas, que tuviera las características de ser sólido en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en la aplicación.”<sup>7</sup>

### Procedimiento<sup>8</sup>

El método se integra de cuatro etapas como se describe a continuación:

#### 1. Representación del problema

Para esto se requiere representar el problema mediante la construcción de un arreglo jerárquico de al menos tres niveles, llamado diagrama de árbol, como el mostrado en la figura 2.2.1<sup>9</sup>



Este arreglo arbóreo se forma con los tres factores básicos para la toma de decisiones: las alternativas que serán sujetas de valoración (llámese actividades, estrategias, proyectos, cursos de acción, etc.), el objetivo que se pretende alcanzar y los criterios de valoración con los que se habrán de valorar las alternativas.

Conviene vigilar que tanto las alternativas como los criterios procuren tener el mismo nivel de complejidad y ser mutuamente excluyentes, de lo contrario pueden tener problemas de consistencia.

<sup>7</sup> Sánchez Guerrero Gabriel de las Nieves, Técnicas Participativas para la Planeación, México, Fundación ICA 2003, p. 167.

<sup>8</sup> *Ibíd.*, p. 167.

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 169.



## 2. Evaluación de los criterios de valoración

En esta etapa se construye una matriz A, a partir de la comparación de los diferentes criterios con el propósito de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos. La matriz A tiene la forma:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Y presenta la propiedad de que  $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$  y  $a_{ii} = 1$

A cada comparación se le asignará una calificación. Saaty propone la siguiente escala de importancia relativa de la cual se obtienen las calificaciones para las diferentes comparaciones.

Intensidad de la Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio están moderadamente a favor de una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio están fuertemente a favor de una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy fuerte	Una actividad está muy fuertemente favorecida y su dominio ha sido demostrado en la práctica.
9	Importancia extrema	Es máxima la importancia de una actividad sobre la otra.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre los dos juicios contiguos	Cuando un término medio es necesario.
Recíproco de los números de arriba	Si al elemento i le fue asignado alguno de los números de arriba al compararse con un elemento j, entonces j tiene el valor recíproco cuando se compara con el elemento i	

Una vez llena la matriz A con las respectivas calificaciones, se procede a estimar los correspondientes pesos relativos de los criterios W. Los pesos relativos es el vector característico o eingevector de la matriz. Una estimación para su cálculo se presenta a continuación:

Primero se normaliza la matriz A, obteniéndose  $A'$ . Posteriormente se calcula el promedio de cada renglón de la matriz  $A'$  obteniendo así la matriz W de los pesos relativos o eingevector, que con frecuencia se coloca al lado derecho de la matriz A.

Es necesario señalar la conveniencia de ser consistentes al establecer la importancia relativa entre los elementos de cada nivel. Por ejemplo, si el criterio es "la dureza" y se dice que el diamante es tres veces más duro que el cuarzo y que el cuarzo es cinco veces más duro que el yeso; entonces, para ser consistentes, el diamante es ocho veces más duro que el yeso. Si se dice que el diamante es cinco veces mas duro que el yeso, se estará cayendo en inconsistencia; por lo que se tendrá la necesidad de repetir la asignación de calificaciones (importancias relativas), si se desea obtener mayor exactitud.

El grado de consistencia se calcula para cada matriz A de comparaciones, y se expresa mediante la razón de inconsistencia **RI**, que es común colocarla en la parte inferior de la matriz A y se calcula de la siguiente manera:

$$RI = \frac{IC}{CA}$$

Donde IC es el índice de consistencia y CA la consistencia aleatoria:

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

donde:  $\lambda_{\max}$  es el valor característico promedio y n es el tamaño de la matriz.

Para calcular  $\lambda_{\max}$  se multiplica AW obteniéndose  $\lambda_{\max} W$ , cada componente de  $\lambda_{\max} W$  se divide por cada componente W, para que finalmente se promedian dichas estimaciones y se obtenga  $\lambda_{\max}$ .

Para CA Saaty propone obtener este valor mediante la siguiente tabla, De acuerdo al tamaño n de la matriz:

Tamaño de la Matriz <b>n</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia Aleatoria <b>CA</b>	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

### 3. Evaluación de Alternativas

En esta etapa se construyen tantas matrices como criterios hay. En cada matriz se comparan entre sí las alternativas de acuerdo al correspondiente criterio. El llenado de las matrices, el cálculo de los pesos relativos y el cálculo de las razones de inconsistencia es similar a la etapa anterior.

#### 4. Jerarquización de Alternativas

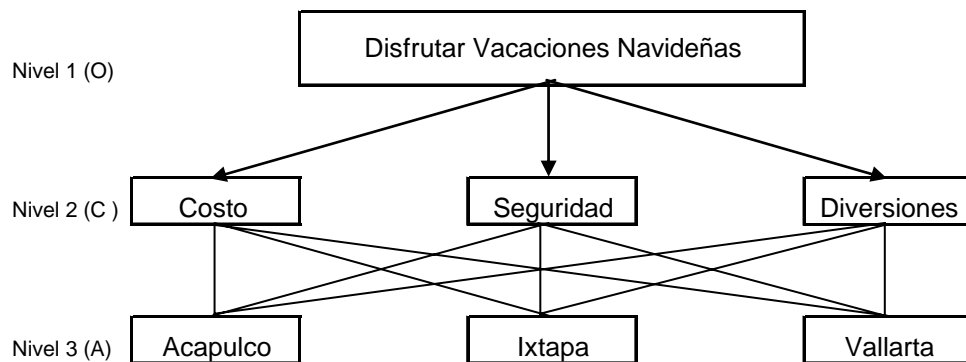
Finalmente, para conocer que alternativa es la más importante de acuerdo a los criterios establecidos se realizan algunos cálculos sencillos.

Se multiplica cada una de las componentes de la matriz de pesos de los criterios por la correspondiente matriz de pesos de cada una de las matrices de las alternativas, se suman dichas ponderaciones y se ordenan en forma descendente a las alternativas, la mejor es la que haya obtenido mayor peso en la suma total.

#### **Ejemplo:**

El problema es elegir que destino turístico es el mejor para disfrutar unas vacaciones navideñas. Después de analizar la situación, se presenta el problema de la siguiente forma:

Arreglo arbóreo



Del arreglo anterior observamos que serán comparados y evaluados los criterios costo, seguridad y diversiones nocturnas.

La primera comparación que haremos es el costo con relación a la seguridad. Nos preguntamos cuál de los dos criterios es el más importante, en este caso se considera que el costo tiene una importancia fuerte respecto a la seguridad, otorgándole una calificación de 5 y de acuerdo a lo establecido, la seguridad comparada con el costo, o sea la comparación recíproca, tendrá el valor de 1/5.

Siguiendo la lógica anterior al comparar los demás criterios entre sí, tenemos que la matriz A queda conformada como sigue:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 1/5 & 1 & 1/4 \\ 1/2 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Para calcular el vector característico  $W$  se obtiene primero  $A'$  (matriz  $A$  normalizada por columna) quedando como sigue:

$$A' = \begin{bmatrix} 0.588 & 0.500 & 0.615 \\ 0.118 & 0.010 & 0.077 \\ 0.294 & 0.400 & 0.308 \end{bmatrix} \text{ y obteniendo promedio por renglón } W = \begin{bmatrix} 0.568 \\ 0.098 \\ 0.334 \end{bmatrix}$$

Calculando  $RI$  :

$$\text{Si } \lambda_{\max} W = AW, AW = \begin{bmatrix} 1.726 \\ 0.296 \\ 1.010 \end{bmatrix} \text{ por lo tanto } \lambda_{\max} = \begin{bmatrix} 3.039 \\ 3.020 \\ 3.024 \end{bmatrix}$$

Se promedian los tres valores y se obtiene el promedio total de  $\lambda_{\max} = 3.028$ . Para que finalmente calculando  $IC = \frac{3.028 - 3}{3 - 1} = 0.014$ , tomando  $CA = 0.580$  de los valores de consistencia aleatoria propuestos por Saaty para una matriz de tamaño 3.

$$RI = 0.014/0.580 = 0.024.$$

Como el valor es considerablemente menor al 10%, se aceptan los valores de la matriz  $A$  como consistentes.

Siguiendo los mismos pasos la construcción de las matrices de comparación entre alternativas para cada uno de los criterios, su matriz  $W$  de pesos relativos y su  $RI$  quedan de la siguiente forma:

Costo	Acapulco	Ixtapa Zihuatanejo	Puerto Vallarta	Pesos $W$
Acapulco	1	5	1/3	<b>0.283</b>
Ixtapa Zihuatanejo	1/5	1	1/7	<b>0.074</b>
Puerto Vallarta	3	7	1	<b>0.643</b>
			<b>RI=0.058</b>	

Seguridad	Acapulco	Ixtapa Zihuatanejo	Puerto Vallarta	Pesos W
Acapulco	1	1/3	1/2	0.164
Ixtapa Zihuatanejo	3	1	2	0.539
Puerto Vallarta	2	1/2	1	0.297
			RI=0.005	

Diversiones Nocturnas	Acapulco	Ixtapa Zihuatanejo	Puerto Vallarta	Pesos W
Acapulco	1	3	5	0.648
Ixtapa Zihuatanejo	1/3	1	2	0.230
Puerto Vallarta	1/5	1/2	1	0.122
			RI=0.004	

Finalmente se engloban los resultados de la siguiente manera:

$$0.568 \begin{bmatrix} 0.283 \\ 0.074 \\ 0.643 \end{bmatrix} + 0.098 \begin{bmatrix} 0.164 \\ 0.539 \\ 0.297 \end{bmatrix} + 0.334 \begin{bmatrix} 0.648 \\ 0.230 \\ 0.122 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.393 \\ 0.172 \\ 0.435 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{Acapulco} \\ \text{Ixtapa} \\ \text{Vallarta} \end{array}$$

Por lo anterior ya que obtuvo mayor peso, se seleccionó Puerto Vallarta para disfrutar las vacaciones navideñas.

### 1.3. Electre.

Los mecanismos más conocidos de agregación no compensatorios son las metodologías del tipo Electre o Promethee, en las cuales las formas de agregación están dadas por la lógica de las relaciones de superación.

Electre (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) es una familia de métodos basado en relaciones de superación para decidir acerca de i) la determinación de una solución (que sin ser óptima pueda considerarse satisfactoria) y ii) obtener una jerarquización de las acciones o alternativas bajo análisis.

Originada inicialmente y desarrollada por la escuela francófona (principalmente en Francia, Bélgica, Suiza, aunque actualmente puede considerarse continental ya que existen contribuciones de los Países Bajos y Polonia a tal esquema), en la actualidad han sido desarrollados los procedimientos Electre I, II, III, IV, IS y Electre TRI, los que brindan procedimientos para resolver diferentes tipos de problemas suscitados en el tratamiento de la teoría de la decisión.

“La técnica utiliza información objetiva o subjetiva para evaluar simultáneamente un conjunto de alternativas  $a_i$  bajo diversos criterios de evaluación  $I_j$  que pueden ser homogéneos, heterogéneos, cualificables, cuantificables o mezcla de ellos. La manera de hacerlo es mediante el manejo de relaciones de preferencia, las cuales comparan las evaluaciones  $e_{ij}$  parciales asignadas a las alternativas  $a_i$  identificando las mejores mediante un procesos de sobre-clasificación.”<sup>10</sup>

*Electre I:* Trabaja con relaciones de superación (sur classement, outranking) en las que a cada par de acciones se asocia un índice de concordancia (que mide la intensidad de los argumentos a favor de la afirmación que la acción **a** supera a la acción **b**) y un índice de discordancia (la cantidad o intensidad de argumentos contrarios dentro de los criterios bajo análisis, que pone en duda la afirmación que **a** supera a **b**). Desde el trabajo original de Bernard Roy en 1968 hay varias formas de construcción de los índices de concordancia y de discordancia, que a su vez dependen de los pesos o ponderaciones atribuidos a los criterios así como de los umbrales de concordancia y de discordancia fijados por el decisor.

*Electre II:* Los autores de Electre II (Roy y Bertier, 1973) introdujeron varias modificaciones al método. La concordancia y discordancia es definida como en Electre I y se determinan dos límites o umbrales para cada uno de estos índices. A partir de los mismos puede construirse una relación de superación fuerte y otra débil, en función de las relaciones obtenidas entre los índices y los umbrales para cada par de acciones **a** y **b**.

La exploración de relaciones de superación se realiza entonces: i) determinando aquel conjunto B de acciones que no son superadas fuertemente por ninguna otra acción; ii) dentro de ese conjunto se determina el conjunto A1 de acciones que no son superadas débilmente por ninguna otra acción de B. Este conjunto constituye la primera clase de la ordenación; iii) el proceso recomienza con el conjunto restante, brindando de este modo un pre-orden completo (clasificación con posibilidades de empate por similitudes); iv) de manera análoga se construye un segundo pre-orden completo aunque comenzando por la clase de las peores acciones (aquellas que no superan a ninguna otra acción) y subiendo progresivamente en dirección a las mejores. Con los dos pre-órdenes obtenidos (que en general serán diferentes), se procede a una agregación que resulta en un pre-orden promedio (o mediano en la terminología de los autores).

<sup>10</sup> *Ibíd.* p. 183

*Electre III:* Esta versión más sofisticada utiliza relaciones de superación valorizadas (se obtiene de este modo un orden completo como en el caso de los métodos MAUT o AHP). Ello implica que a la relación de superación se le atribuye un escalar (entre 0 y 1) que mide el grado de credibilidad de la relación de superación entre un par ordenado de acciones.

Por otra parte, a diferencia de Electre I y Electre II, la comparación de pares de acciones respecto a un determinado atributo se realiza mediante pseudo criterios que toman explícitamente en cuenta umbrales de preferencia y de indiferencia, es decir que se consideran conceptos de la teoría de conjuntos borrosos. Como en Electre II, pero utilizando una mayor cantidad de parámetros a ser determinados por el decisor, se llega a la construcción de dos pre-órdenes completos, los cuales finalizan en un ordenamiento valorizado de las acciones. Se ha encontrado que Electre III brinda resultados relativamente estables, pero algunos investigadores opinan que es complicado y difícil de interpretar.

*Electre IV:* Esta versión desarrollada por Roy y Hugonnard (1982), se basa en la consideración de una familia de pseudo criterios. Su propósito es obtener una ordenación de las acciones, aunque no requiere la ponderación de los criterios ya que funciona mediante una secuencia de relaciones de superación anidadas.

Se construyen dos relaciones de superación (una fuerte y otra débil) sobre la base de consideraciones de "sentido común" compatibles con la carencia de información respecto a la importancia relativa de los criterios. La exploración de las relaciones se realiza como en Electre III, pero es más sencilla dado que hay solamente dos niveles de superación.

El problema de la determinación de pesos de los criterios ha sido siempre una gran preocupación de los investigadores de métodos de superación. Electre IV omite tal problema al realizar el supuesto de que no hay relaciones de mayor o menor importancia relativa de los criterios. Esto no implica que todos los criterios tengan la misma importancia, sino que ninguno de ellos es de inferior categoría en relación a los demás.

*Electre IS:* Es una generalización del método Electre I. Dados un conjunto finito de acciones valuados respecto a una familia coherente de criterios cuantitativos o cualitativos (pseudo criterios), el método tiene por objeto la ayuda en la comparación de las acciones en vista de obtener una alternativa final o un subconjunto de alternativas.

El método agrega las preferencias parciales en una relación de superación neta que se analiza bajo la forma de un grafo. El subconjunto buscado está constituido por el núcleo del grafo. Asimismo, en el paquete informático de aplicación del método se ofrecen informaciones complementarias (circuitos máximos, cuadros de tasas de vinculación).

*Electre TRI:* Es una herramienta de ayuda a la decisión multicriterio, especialmente concebida para tratar los problemas de clasificación o de segmentación. El problema de segmentación consiste en examinar el valor intrínseco de la acción (solicitud, candidatos, proyectos, etc.) a efecto de proponer una recomendación o dictamen apropiado para cada una de ellas.

Partiendo de un conjunto discreto de acciones evaluadas respecto a una familia de criterios cuantitativos y/o cualitativos, así como de un conjunto de categorías correspondientes a recomendaciones o dictámenes predefinidos (por ejemplo: bueno, regular, malo, muy malo), Electre TRI provee a los usuarios dos procedimientos diferentes que permiten afectar todas las alternativas a dichas categorías.

Contrariamente a los procedimientos clásicos que se basan en el principio de la suma ponderada (lógica compensatoria), los dos procedimientos propuestos en Electre TRI rechazan esta posibilidad de compensación total entre las valuaciones de la acción respecto a los diferentes criterios. La afectación de una acción cualquiera se fundamenta en la comparación de la acción bajo análisis y de las acciones de referencia por medio de la relación de superación. Ambos procedimientos difieren por su comportamiento (pesimista u optimista) en relación a algunas acciones no comparables con las acciones de referencia.

Para la aplicación de este método se dispone de un paquete, Electre TRI Assistant que ayuda al usuario a calibrar su modelo de modo indirecto, ya que los parámetros del modelo se fijan alimentando al mismo con ejemplos de afectación (que corresponden a afectaciones deseadas o a decisiones tomadas anteriormente). Los valores de dichos parámetros son inferidos por alguna forma de regresión a partir de la información previa.

Cabe anotar además que este procedimiento constituye una poderosa herramienta para resolver problemas de elección (Electre IS) o de ordenamiento (Electre III-IV) cuando la cantidad de alternativas es muy elevada. En tal caso puede utilizarse Electre TRI para una selección previa en función de algunos principios preestablecidos, y luego aplicando otro mecanismo (por ejemplo Electre IS) entre las alternativas retenidas.

### **Procedimiento<sup>11</sup>**

El procedimiento de la técnica Electre consta de seis pasos como se muestra a continuación:

#### 1. Definición del problema

Se determinan un conjunto  $A$  homogéneo de alternativas  $a_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) que se desea priorizar. Se determinan también un conjunto de criterios  $I_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) mutuamente exclusivos y exhaustivos con los que se pretende priorizar. Se determinan los pesos  $W_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) asociadas a los criterios y sus escalas de medición.

---

<sup>11</sup> *Ibíd.* p. 184



## 2. Llenado de la matriz alternativas – criterios

Se capturan las evaluaciones  $e_{ij}$  para cada una de las alternativas  $a_i$  con base en los criterios  $I_j$  establecidos, con la siguiente estructura:

$$\begin{array}{c}
 \text{Alternativas} \\
 a_1 \\
 \vdots \\
 a_k \\
 a_l \\
 \vdots \\
 a_n
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Criterios} \\
 I_1 \quad \cdots \quad I_j \quad \cdots \quad I_m \\
 \left[ \begin{array}{cccc}
 e_{11} & & e_{1j} & e_{1m} \\
 & & \vdots & \\
 & & e_{kj} & \\
 & & e_{lj} & \\
 & & \vdots & \\
 e_{n1} & & e_{nj} & e_{nm}
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

## 3. Generación de la matriz de concordancia

Teniendo las evaluaciones  $e_{ij}$  de la matriz de alternativas-criterios se construye la matriz de concordancia. Esta matriz expresa que tanta preferencia hubo en las evaluaciones de las alternativas con base en los criterios establecidos. La concordancia se realiza con la siguiente regla:

Las evaluaciones serán comparadas por pares para cada uno de los criterios; para dos opciones  $a_k, a_l$  que son evaluadas por medio del criterio  $I_j$ , preferimos la alternativa  $a_k$  sobre la alternativa  $a_l$ , si y sólo si:

$$e_{kj}(a_k) \geq e_{lj}(a_l)$$

La concordancia se calcula con la siguiente expresión:

$$C_{kl} = \frac{\sum_{j=1}^n \prod_{kl} W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

Donde:

$W_j = (W_1, W_2, \dots, W_n)$  es el vector de pesos que refleja la importancia o peso específico de cada criterio de evaluación.

$\prod_{kl}$  es un parámetro de impacto: será 1 si  $e_{kj} \geq e_{lj}$ , será 0 si  $e_{kj} < e_{lj}$

Al realizar lo anterior se genera la matriz de concordancia  $C = c(a_k, a_l)$ , que implica una matriz de n filas y n columnas consistentes con el número de alternativas o acciones.

#### 4. Generación de la matriz de discordancia

A partir de los datos de la matriz de alternativas-criterios se construye la matriz de discordancia. Esta matriz expresa que tanta indiferencia hubo en las evaluaciones de las alternativas con base en los criterios establecidos. La discordancia se realiza con la siguiente regla:

Se considera desacuerdo, al mayor rango relativo que no esta en concordancia con la hipótesis de que  $a_k$  es preferida a  $a_l$ . Esto es que  $\prod_{kl} = 0$

La discordancia se calcula con la siguiente expresión:

$$D = \frac{\max\{e_{ij} - e_{kj} \quad j = 1, 2, \dots, m\}}{d} \quad k \neq l$$

Donde:

$\max\{e_{ij} - e_{kj}\}$ , es el máximo rango de las evaluaciones en que  $e_{ij} > e_{kj}$   
 $d$  es el rango máximo de las escalas asociadas a los criterios de evaluación.

Al realizar lo anterior se genera la matriz de discordancia  $D = d(a_k, a_l)$ , que implica una matriz de  $n$  filas y  $n$  columnas consistentes con el número de alternativas o acciones.

#### 5. Análisis de las relaciones de sobre-clasificación

A continuación se hace un análisis de sobre clasificación utilizando la información de las matrices de concordancia y discordancia empleando la siguiente regla:

Un elemento  $a_k$   $R$  (sobre clasifica o domina) a otro  $a_l$  si cumple con:

- Existe un indicador de mayoría de criterios para los cuales se puede afirmar que  $a_k$  es al menos tan bueno como  $a_l$ . (índice de concordancia) y,
- Ningún criterio en desacuerdo con esta mayoría muestra una superioridad demasiado fuerte que  $a_l$  es mejor que  $a_k$ . (índice de discordancia).

Para definir lo que se entiende como mayoría o superioridad se definen dos parámetros denominados: parámetros de concordancia  $p$  y parámetro de discordancia  $q$ .

En consecuencia,  $a_k R a_l$  si existe  $p, q \in [0,1]$  tal que

$$C(a_k, a_l) \geq p \quad \text{y} \quad D(a_k, a_l) < q$$

Donde:

$p$  y  $q$  son definidos arbitrariamente en  $[0,1]$ . En algunas ocasiones se maneja que el umbral de concordancia  $p$  varia de 0.5 a 1.0, siendo más severo en su aproximación a 1; y que el umbral de discordancia  $q$  es más severo cuando se aproxima a 0.

A continuación a cada relación de sobre clasificación se le asocia una gráfica paramétrica.

$$G(p, q) = (A, U_{(p,q)})$$

## 6. Jerarquización de las alternativas

Finalmente, después de realizar varios análisis de sensibilización con diversas parejas de  $p$  y  $q$ , y teniendo varias gráficas paramétricas asociadas a cada uno de los análisis, se hace una conjunción de ellos y se jerarquizan las alternativas, expresándose en una gráfica síntesis.

### **Ejemplo:**

A petición de una tienda departamental, se llevo a cabo una investigación de mercado para precisar el dominio, según la apreciación del consumidor, del café soluble marca libre que la tienda ofrece. Para esto se levantó una encuesta en sus tiendas de toda la República Mexicana llegándose a acumular 1,200 encuestas contestadas. Los resultados del estudio se presentan a continuación:

Las marcas a considerar fueron:

Marca Libre	<b>ML</b>
Decaf	<b>D</b>
Oro	<b>O</b>
Nescafe	<b>N</b>

Los criterios considerados fueron los que el consumidor señaló como características importantes. Estos criterios fueron agrupados en tres clases:

- Organolépticos: Atributos que los pueden captar los consumidores por medio de los sentidos.
- Técnicos: Relacionados con el proceso de fabricación.
- Mercadológicos: Relación del producto con el mercado.

Para calificar cada criterio se usó una escala de cinco categorías, que correspondió a: Excelente, Bueno, Regular, Malo, Inaceptable.

Los pesos asignados dependieron de la importancia que los consumidores señalaron para cada uno de los criterios. los cuales se presentan en la siguiente tabla:

CRITERIOS	PESOS				
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Inaceptable
<b>a) Organolépticos</b>					
Sabor Agradable	20	15	10	5	0
Olor	15	10	7	5	0
Color	10	7	5	2	0
Sin sabor amargo	20	15	10	5	0
<b>a) Técnicos</b>					
Disolución rápida	10	7	5	2	0
No forma grumos	10	7	5	2	0
No se humecta	15	10	7	5	0
Dosificación	15	10	7	5	0
<b>a) Mercadológicos</b>					
Publicidad	10	7	5	2	0
Precio	20	15	10	5	0
Presentaciones	10	7	5	2	0
Envase práctico	10	7	5	2	0
Fácil obtención	15	10	7	5	0

Con la información anterior se construyó la matriz alternativas-criterios que a continuación se muestra:

MARCAS	CRITERIOS												
	Organolépticos				Técnicos				Mercadológicos				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Marca Libre	5	5	5	5	7	5	10	5	0	20	2	5	5
Decaf	15	15	10	20	10	2	10	10	7	15	7	10	15
Oro	10	7	5	15	5	5	10	7	5	15	5	7	10
Nescafé	20	10	10	15	10	7	15	15	10	10	10	10	15
<b>FUNCION DE PESOS</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

Generación de las matrices de concordancia y discordancia.

#### Matriz de Concordancia

	ML	D	O	N
ML	-	0.81	0.79	0.88
D	0.23	-	0.23	0.70
O	0.40	0.93	-	0.88
N	0.12	0.58	0.23	-

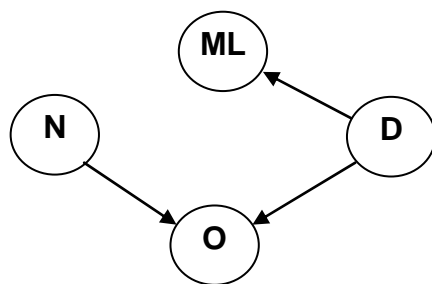
**Matriz de Discordancia**

	<b>ML</b>	<b>D</b>	<b>O</b>	<b>N</b>
<b>ML</b>	-	0.25	0.25	0.50
<b>D</b>	0.75	-	0.53	0.25
<b>O</b>	0.50	0.30	-	0.25
<b>N</b>	0.75	0.25	0.50	-

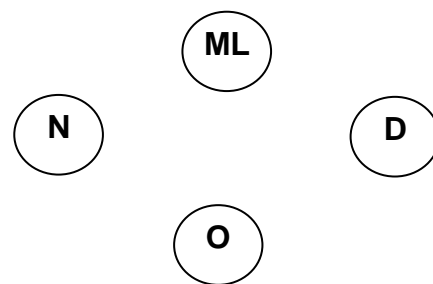
Análisis de las relaciones de sobre clasificación.

Para ello se construyen tres gráficas paramétricas a partir de los siguientes valores:

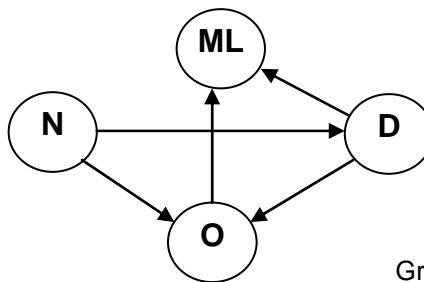
Gráfica	p	q
1	0.80	0.35
2	0.75	0.20
3	0.70	0.40



Gráfica 1



Gráfica 2



Gráfica 3

Finalmente, la siguiente tabla resumen muestra los resultados del análisis realizado.

Alternativas		Jerarquización
Domina	Es dominada	
ML (0)	ML (3)	Decaf
D (4)	D (1)	Nescafé
O (1)	O (5)	Oro
N (3)	N (0)	Marca libre

Los resultados nos muestran que el líder en el mercado de café soluble, según la apreciación de los consumidores encuestados (1,200), es Decaf, seguido por Nescafé. La marca libre no tiene dominio en el mercado.

La información de la matriz alternativas-criterios es de gran relevancia, ya que permite identificar aquellas características que deberán mejorarse en la marca libre para poder llevar al producto a ser líder en el mercado.

#### 1.4. Promethee - Gaia.<sup>12</sup>

Este método, Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations, Promethee (Brans, 1985) consiste, como Electre III, en la construcción de relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros que poseen alguna interpretación física o económica fácilmente comprensibles por el decisor. Promethee hace uso abundante del concepto de pseudo criterio ya que construye el grado de superación entre cada par de acciones ordenadas  $a$  y  $b$ , tomando en cuenta la diferencia de puntuación que esas acciones poseen respecto a cada atributo. La evaluación de esas diferencias pueden realizarse mediante seis funciones de valor posibles y que son utilizadas de acuerdo a las preferencias del decisor, quien además debe proporcionar los umbrales de indiferencia y de preferencia asociados a estos pseudo criterios.

El grado de superación obtenido en Promethee es bastante similar al índice de concordancia de Electre III, aunque no hace uso explícitamente del concepto de índice de discordancia. Hay varias versiones de Promethee. En Promethee I se obtiene un pre-orden parcial, en tanto que en Promethee II puede obtenerse un orden total considerando los flujos netos (entrantes — salientes) de cada alternativa. Otras variantes del método plantean situaciones más sofisticadas de decisión, en particular problemas con un componente estocástico. Así se han desarrollado las versiones Promethee III, Promethee IV, Promethee V y Promethee VI.

#### Procedimiento<sup>13</sup>

La principal idea que subyace en la filosofía de Promethee, consiste en enriquecer la relación de dominio existente entre las distintas alternativas a fin de reducir el número de incomparabilidades entre ellas para llegar a una jerarquización y así seleccionar la más adecuada en un sentido de consenso entre los tomadores de decisión.

“The best compromise solution.....”<sup>14</sup>

La solución a un problema multicriterio no solo depende de la información incluida en la tabla de evaluación sino también del tomador de la decisión en sí. La mejor solución en consenso depende de las preferencias individuales de los tomadores de decisión. Para proveer al decisor de un herramienta útil, que represente las preferencias de éste, se requiere de información adicional, en éste caso acerca de las relaciones de domino entre alternativas, por lo que a continuación dentro del procedimiento para aplicar Promethee se definen también las relaciones de dominio asociadas a un problema multicriterio:

##### 1. Definición del problema

Se determinan un conjunto  $A$  homogéneo de alternativas  $(a, b, \dots, n)$  que se desea priorizar. Se determinan también un conjunto de criterios  $g_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) mutuamente exclusivos y exhaustivos con los que se pretende priorizar. Se determinan los pesos  $w_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) asociadas a los criterios y sus escalas de medición.

<sup>12</sup> Brans Jean-Pierre, y Mareschal Bertrand, “PROMETHEE Methods” en *European Journal of Operational Research*, Chapter 1. 1986, pp. 1–39

<sup>13</sup> *Ibíd.*,

<sup>14</sup> *Ibíd.*, p. 3

## 2. Llenado de la tabla de evaluación

Se capturan las evaluaciones  $e_{nm}$  para cada una de las alternativas  $(a, b, \dots, n)$  con base en los criterios  $I_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) establecidos, de la siguiente manera:

		Criterios				
		$g_1$	$\dots$	$g_j$	$\dots$	$g_k$
Alternativas	$a$	$e_{a1}$	$\dots$	$e_{aj}$	$\dots$	$e_{ak}$
	$b$	$e_{b1}$	$\dots$	$e_{bj}$	$\dots$	$e_{bk}$
	$c$	$e_{c1}$	$\dots$	$e_{cj}$	$\dots$	$e_{ck}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
	$n$	$e_{n1}$	$\dots$	$e_{nj}$	$\dots$	$e_{nk}$

Relaciones de dominio asociadas, para cada par de alternativas  $(a, b) \in A$ :

$$\forall j : e_{aj} \geq e_{bj} \Leftrightarrow aPb$$

$$\exists k : e_{ak} > e_{bk}$$

$$\forall j : e_{aj} = e_{bj} \Leftrightarrow alb$$

$$\exists s : e_{as} > e_{bs} \Leftrightarrow aRb$$

$$\exists r : e_{ar} < e_{br}$$

Donde:  $P$ ,  $I$ , y  $R$  corresponden a *preferencia*, *indiferencia* e *incomparabilidad* respectivamente. Estas definiciones son en cierta manera obvias. Una alternativa es mejor que otra si esta es al menos tan buena como la otra en todos los criterios definidos. Si para un par de alternativas  $a$ ,  $b$  una de ellas ( $a$ ) es mejor en un criterio  $s$  y la otra alternativa ( $b$ ) es mejor en un criterio  $r$ , es imposible decidir cual es la mejor de las dos sin información adicional. Es por ello que las dos alternativas son *incomparables*.

Las alternativas que no son dominadas por alguna otra son llamadas *soluciones eficientes*. Dada una tabla de evaluación para un problema multicriterio en particular, la mayoría de las alternativas son *eficientes*. La relación de dominio es muy pobre sobre  $P$  e  $I$ . Cuando una alternativa es mejor en un criterio, la otra alternativa es mejor en otro criterio. Como consecuencia predominan las relaciones de *incomparabilidad* para la mayoría de los pares de alternativas en confrontación. La información adicional para disminuir la incomparabilidad entre éstas puede incluir, por ejemplo:

- Compensación entre los criterios,
- Definir una función de valor que agregue a todos los criterios en uno solo convirtiendo así el problema multicriterio en monocriterio para el cual existe una solución óptima,
- Definir pesos de relativa importancia entre los criterios,



- Definir preferencias asociadas a cada par de alternativas dentro de cada criterio,
- Establecer umbrales de preferencia, etc.

Muchos métodos auxiliares para la toma de decisión multicriterio se han propuesto. Todos estos métodos comienzan con la misma tabla de evaluación, sin embargo varían de acuerdo a la información adicional que requieren. Promethee requiere de información adicional fácil de obtener y comprender tanto para los tomadores de decisión como para los analistas, que consiste en: **1)** fijar pesos relativos entre los criterios, los cuales no deben ser números negativos e independientes de las unidades de medición de éstos últimos y **2)** establecer una función de preferencia para cada criterio, también llamado criterio generalizado o seudo criterio, la cual se detalla en el siguiente paso.

### 3. Definición de los criterios generalizados, seudo criterios o funciones de preferencia.

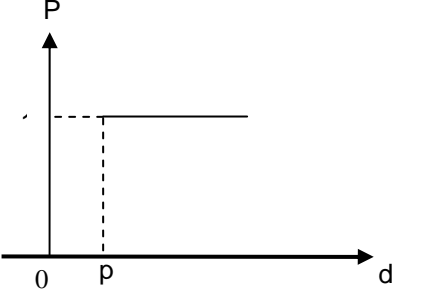
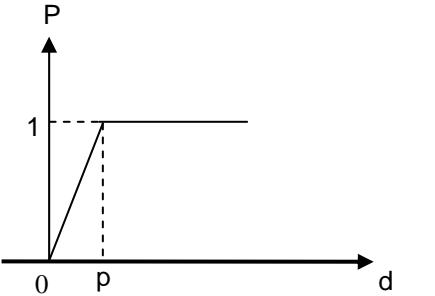
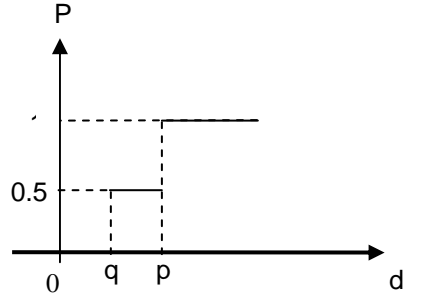
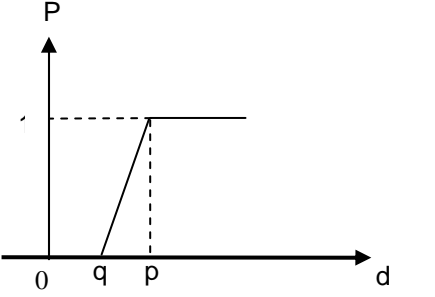
Esta fase requiere que a cada criterio  $g_j$  se le asocie un criterio generalizado,  $P_j(d)$  el cual valorará la preferencia de una alternativa  $a$  respecto a una  $b$  como una función de la diferencia entre evaluaciones,  $f(e_{aj} - e_{bj})$ .

Con el propósito de facilitar la elección de un función de preferencia asociada a cada criterio, Brans<sup>15</sup> proponen seis tipos diferentes de funciones de preferencia o criterios generalizados, para cada uno de los cuales, el decisor deberá fijar como máximo, el nivel de dos de los parámetros asociados a éstos; dichos parámetros son los siguientes:

- $q$  es el límite o umbral de indiferencia; es decir, es la desviación más grande que se considera insignificante por el tomador de decisiones.
- $p$  es el límite o umbral estricto de la preferencia; es decir, es la desviación más pequeña que se considerada como suficiente para generar una preferencia amplia.
- $s$  es una valor intermedio entre  $p$  y  $q$ , éste define el punto de inflexión de la función de preferencia. Se recomienda determinar primero  $q$  y  $p$ , para después obtener  $s$  como un valor intermedio entre estos parámetros.

Tipo	Criterio generalizado	Definición	Parámetros
1 Criterio Usual		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	--

<sup>15</sup> Íbid, p. 9

<p>2</p> <p>Criterio</p> <p>Forma U</p>		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	<p>q</p>
<p>3</p> <p>Criterio</p> <p>Forma V</p>		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	<p>p</p>
<p>4</p> <p>Criterio</p> <p>Nivel</p>		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q \leq d \leq p \\ 1 & d > q \end{cases}$	<p>p, q</p>
<p>5</p> <p>Criterio</p> <p>Lineal</p>		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	<p>p, q</p>

6		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$	s
Criterio Gaussiano			

#### 4. Construcción del índice de preferencia multicriterio

Este paso consiste en definir un índice de preferencia multicriterio.  $\pi(a, b)$  que mide el grado en que  $a$  tiene preferencia sobre  $b$  tomando en cuenta todos los criterios:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(a, b)$$

Donde:

$w_j > 0$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) es el peso de importancia asociado al criterio  $j$ ,

siendo  $\sum_{j=1}^k w_j = 1$

#### 5. Obtención de flujos de superación.

Cada alternativa  $a$  es confrontada con las otras  $n-1$  alternativas del conjunto  $A$ . Las siguientes expresiones definen los flujos de superación:

- Positivo,

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

- y negativo

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

El flujo de superación positivo  $\phi^+$  de la alternativa  $a$  expresa el nivel de superación de ésta sobre las otras; por lo tanto, mientras el valor de  $\phi^+(a)$  sea más alto, la alternativa será mejor.

Por el contrario, el flujo de superación negativo  $\phi^-$  de la alternativa  $a$  expresa el nivel en que ésta es superada por las otras; por lo tanto, mientras el valor de  $\phi^-(a)$  sea más bajo, la alternativa será mejor.

6. Jerarquización de las alternativas y adopción de la decisión final.

En Promethee I se obtiene una jerarquización parcial, la cual es resultado de tomar en cuenta los flujos de superación tanto positivos como negativos. Ambos flujos usualmente no generan la misma jerarquización, sin embargo la jerarquización conjunta (su intersección) es la arrojada por Promethee I de la siguiente manera:

$$aPb \quad si \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad y \quad \phi^-(a) < \phi^-(b), o \\ \phi^+(a) = \phi^+(b) \quad y \quad \phi^-(a) < \phi^-(b), o \\ \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad y \quad \phi^-(a) = \phi^-(b) \end{array} \right.$$

$$aIb \quad si \quad \phi^+(a) = \phi^+(b) \quad y \quad \phi^-(a) = \phi^-(b)$$

$$aRb \quad si \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad y \quad \phi^-(a) > \phi^-(b), o \\ \phi^+(a) < \phi^+(b) \quad y \quad \phi^-(a) < \phi^-(b) \end{array} \right.$$

Cuando existe una relación  $R$  (incomparabilidad) entre un par de alternativas  $(a, b)$ , la jerarquización de Promethee I es prudente y no arroja decisión alguna acerca de que alternativa es mejor. Es responsabilidad del decisor dicho ordenamiento.

En Promethee II es considerado el flujo neto de superación, esto es:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

Es un balance entre los flujos de superación tanto positivos como negativos. La alternativa será mejor cuando mayor sea el flujo neto, esto es:

$$\left\{ \begin{array}{l} aPb \quad si \quad \phi(a) > \phi(b) \\ aIb \quad si \quad \phi(a) = \phi(b) \end{array} \right.$$

$$-1 \leq \phi(a) \leq 1$$

$$\sum_{x \in A} \phi(a) = 0$$

Cuando consideramos la jerarquización mediante Promethee II todas las alternativas son comparables. Ninguna incomparabilidad permanece, es por ello que existe un ordenamiento completo, del cual claramente obtener la mejor opción; sin embargo los resultados pueden ser más cuestionados, debido a que mucha información se pierde cuando se realiza la diferencia de los flujos.

**Ejemplo:**

Dado el continuo incremento en la demanda del consumo de energía eléctrica en México, se ha decidido construir una nueva planta generadora de electricidad. Seis regiones se han propuesto para la localización de dicha planta hidroeléctrica. La Comisión Federal de Electricidad ha definido seis criterios de evaluación para la selección de localidad de un proyecto de construcción de plantas generadoras de electricidad. Las alternativas y criterios antes mencionados se detallan a continuación en la tabla siguiente:

Alternativas	Criterios
Nayarit	Costo de Mano de Obra
Michoacán	Capacidad de generación de la planta
Chiapas	Costo de Construcción o Inversión
Veracruz	Costo de Operación
San Luís Potosí	Número de Comunidades Afectadas
Tlaxcala	Nivel de Seguridad

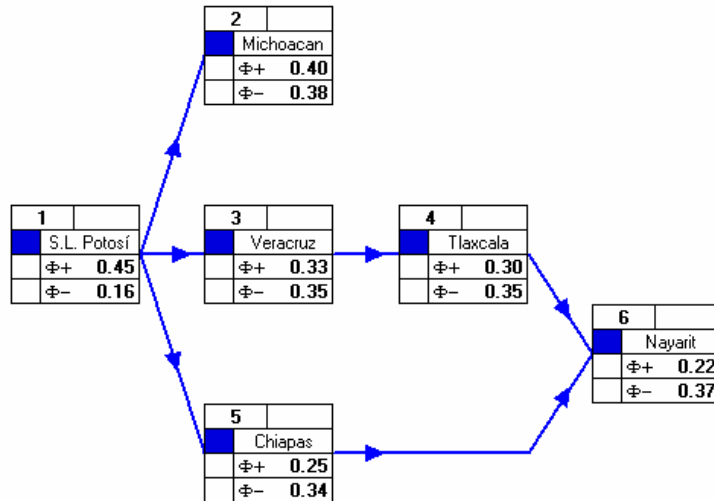
Dependiendo de las escalas de medición de los criterios algunos deben ser maximizados y otros minimizados. Los pesos relativos a cada criterio no se han establecido del todo bien, razón por la cual en un primer acercamiento a la evaluación se considera que todos tienen el mismo peso.

Las evaluaciones obtenidas de las alternativas en cuestión para cada uno de los criterios definidos se expresan en la siguiente tabla:

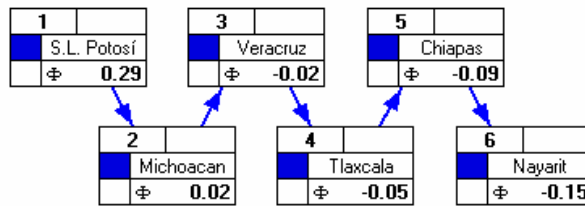
		CRITERIOS						
		M. Obra	Capacidad	Costo Inv.	C. Operación	Afectación	Seguridad	
Min. / Máx.		Min.	Máx.	Min.	Min.	Min.	Máx.	
Función de Pref.		Forma U	Forma V	Lineal	Nivel	Usual	Gauss	
Umbrales		q=10	p=30	q=50, p=500	q=1, p=6	-	s=5	
Pesos		1	1	1	1	1	1	
ALTERNATIVAS	a <sub>1</sub>	<b>Nayarit</b>	80	900	600	54	8	5
	a <sub>2</sub>	<b>Michoacán</b>	65	580	<b>200</b>	97	<b>1</b>	1
	a <sub>3</sub>	<b>Chiapas</b>	83	600	400	72	4	7
	a <sub>4</sub>	<b>Veracruz</b>	<b>40</b>	800	1,000	75	7	<b>10</b>
	a <sub>5</sub>	<b>S. L. Potosí</b>	52	720	600	<b>20</b>	3	8
	a <sub>6</sub>	<b>Tlaxcala</b>	94	<b>960</b>	700	36	5	6

Para resolver este problema se utilizó el software Decisión Lab–Student, el cual arroja los resultados siguientes:

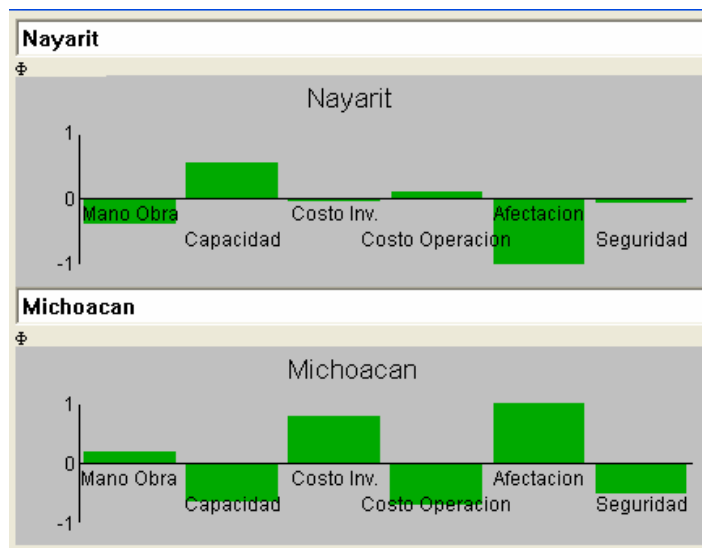
Para Promethee I.



Para Promethee II.

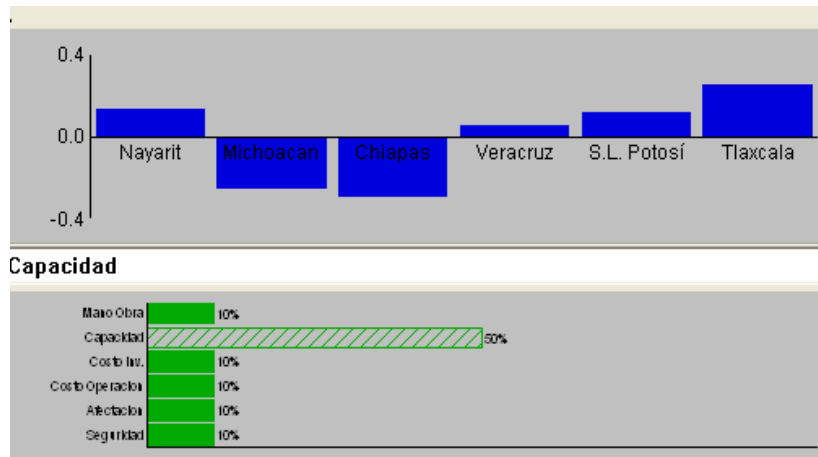


San Luis Potosí es la mejor opción. En Promethee I se aprecia por una parte la incomparabilidad entre Michoacán y Nayarit, que se hace más ilustrativa al revisar los perfiles de las alternativas que se obtiene del software.

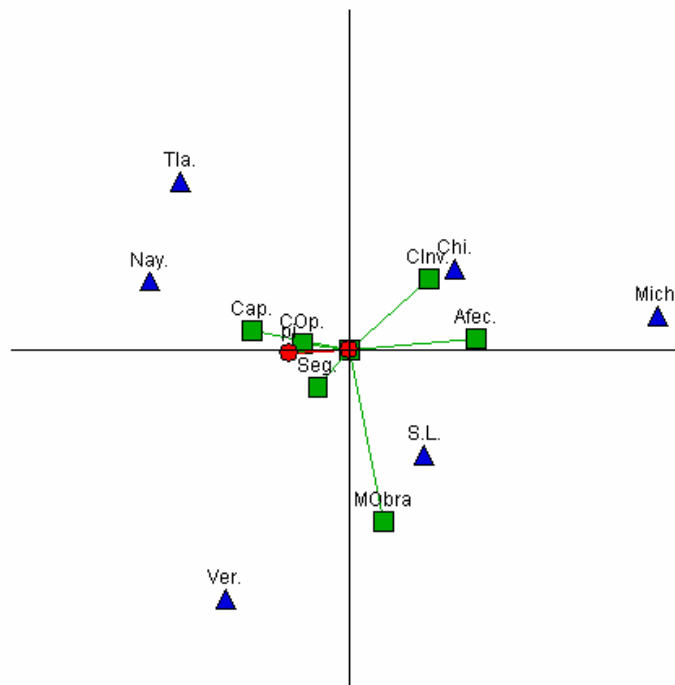


Por otro lado al realizar un análisis de sensibilidad con respecto a los pesos relativos de los criterios, se obtuvieron los resultados siguientes:

Si cambiamos el peso a 50% del criterio Capacidad, Tlaxcala se convierte en la mejor ubicación



Lo mismo sucedería con Chiapas si le damos prioridad al criterio de la Inversión, y Michoacán con respecto al criterio de Afectación a comunidades.



### 3. Evaluación de las alternativas para Vedia Comercial .

#### 1.1. Análisis del problema.

Derivado del planteamiento de la problemática de Vedia Comercial, el problema que se enfrenta en este trabajo de tesis es la selección de la alternativa más viable cuya particularidad es que se involucran objetivos tanto alineados como en conflicto, de diferentes actores de un sistema; en este caso del Sistema Logístico de Vedia Comercial.

Para ello es necesario una adecuada definición de los criterios de decisión, sobre los cuales recaerá la conveniencia de la tercerización de la logística o la ampliación propia de la capacidad del proceso, que es fundamental para la evaluación de las alternativas de solución planteadas. Los criterios de decisión son los puntos de vista considerados relevantes para el análisis o resolución de un problema, constituyen la base para la toma de decisiones, base que puede ser medida y evaluada, es también la evidencia sobre la cual se toma una decisión, dicho de otro modo es un aspecto medible de un juicio, por el cual puede ser caracterizada una dimensión de las alternativas bajo análisis.

Estos criterios pueden representar diferentes aspectos del objetivo final: objetivos específicos, metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad. En el planteamiento de la matriz de decisión o en la caracterización de un problema, la identificación de los criterios pertinentes al mismo es de gran importancia para alcanzar dichos objetivos. La forma en que puede ser medido o caracterizado el criterio también es un aspecto de gran importancia, ya que de ello dependerá en gran parte el resultado final del proceso de evaluación.

Desde un punto de vista operativo los atributos o criterios pueden ser clasificados en tres grupos: i) de beneficio, en los que la preferencia o la utilidad es creciente con el valor o puntaje del mismo; ii) de costos, los que ofrecen una utilidad monótona decreciente: cuanto mayor el puntaje, menor es la preferencia, y iii) no monótonos, donde la utilidad máxima es obtenida en un valor intermedio dentro del rango posible.

Los actores que definen los criterios (su medición y ponderación relativa) serán los involucrados en el proceso logístico:

- Gerencia de Logística (Vedia).
- Jefe de Tráfico (Vedia).
- Jefe de Almacén (Vedia)
- Personal Operativo. (Vedia, 3PL)
- Clientes. (Vedia, 3PL)
- Crédito y cobranza (Vedia).
- Pagos (Vedia).
- Ventas (Vedia).
- Personal diverso del (los) 3PL (s).

Una vez definidos los criterios y su escala de medición, las alternativas se someterán a una evaluación con los métodos de análisis de decisión multicriterio AHP, Electre y Promethee – Gaia con el fin de jerarquizarlas y determinar cual de todas ellas es la más conveniente.



## 1.2. Definición de los criterios de decisión.

Los tres primeros criterios, Cumplimiento, Costo y Capacidad, son los que usualmente miden la eficiencia o el desempeño de la actividad logística, según los actores involucrados en dicha actividad.

Los dos últimos criterios son definidos, también por los actores del proceso, tomando como principio las dificultades y los puntos medulares a las que se han enfrentado otras empresas a la hora de tercerizar su logística y que se mencionó en el marco teórico del presente trabajo.

Cada criterio definido, para su fácil interpretación y manejo, se estandarizará a la siguiente escala de desempeño:

<b>Excelente</b>	10
<b>Bueno</b>	8
<b>No satisfactorio</b>	5
<b>Deficiente</b>	0

### *Cumplimiento en tiempo y forma de los pedidos (CTFP)*

Este criterio es muy importante, debido a que la exigencia en este rubro es grande por parte de los clientes, incluso existen penalizaciones para Vedia Comercial si no se satisfacen las cualidades fecha, hora y fill rate solicitado por éstos últimos. **CTFP** se define como un criterio cuantitativo de beneficio, compuesto por dos sub-criterios, tiempo de entrega (fecha, hora) y fill rate, con el mismo peso específico cada uno y bajo una escala porcentual para su medición como sigue:

$$TCTFP = \frac{\sum_{i=1}^n w_i q_i}{n}$$

$$w = f(x, y), \quad f(x, y) \begin{cases} w = 1, & x = b \\ & y = c \\ w = 0, & \text{En otro caso} \end{cases}$$

$$q = f(z), \quad f(z) \begin{cases} q = 1, & z \geq a \\ q = \frac{z}{a}, & z < a \end{cases}$$

Donde:

- TCTFP tasa de cumplimiento en tiempo y forma de los pedidos
- n, número de entregas realizadas en el periodo
- i, i-ésima entrega
- x, fecha en que se entrega
- b, fecha solicitada de entrega
- y, hora de entrega (cuando se especifique)
- c, Hora solicitada de entrega (cuando se especifique)
- z, cantidad entregada
- a, cantidad solicitada
- w, q variables auxiliares

Estandarización:

<b>Excelente</b>	$TCTFP > 96$
<b>Bueno</b>	$90 \leq TCTFP \leq 96$
<b>No satisfactorio</b>	$80 \leq TCTFP < 90$
<b>Deficiente</b>	$TCTFP < 80$

### *Competitividad en costo (CC)*

Este criterio tiene cierta importancia debido a que existe un tope hasta donde la empresa está dispuesta a erogar, cuya base es la que actualmente gasta, en cuanto a almacén y distribución se refiere. **CC** es un criterio monótonico y se precisa como sigue:

<b>Excelente</b>	$CC < 2,200$
<b>Bueno</b>	$2,200 \leq CC \leq 2,700$
<b>No satisfactorio</b>	$2,700 < CC \leq 3,500$
<b>Deficiente</b>	$CC > 3,500$

Este costo está, en pesos mexicanos y referido a la actividad logística tomando como unidad base una carga promedio de 3.5 toneladas.

### *Capacidad (C)*

Este criterio se refiere a la capacidad operativa, en infraestructura y equipo que se puede disponer a fin de responder a las variaciones en la demanda y para enfrentar las exigencias de la misma actividad logística.

**C** es un criterio mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, debido a que es fácil contar el número de camionetas de 3.5 toneladas y medir la capacidad del almacén, en múltiplos también de 3.5 toneladas, sin embargo la percepción de la efectividad con la que se realizan las actividades logísticas, el desempeño del personal involucrado en éstas y el estado que guarda la infraestructura o equipo es totalmente subjetivo.

**C** se establece de la siguiente forma:

<b>Excelente</b>	$C > 7$
<b>Bueno</b>	$7 \geq C \geq 5$
<b>No satisfactorio</b>	$5 < C \leq 3$
<b>Deficiente</b>	$C > 3$

Donde **C** es un número que se refiere al número de veces que se sobrepasa la capacidad en la unidad de medida base (3.5 toneladas).

Por otra parte la calificación estandarizada se podrá modificar hasta en un nivel por concepto de la percepción de efectividad y desempeño que se tenga del operador logístico (Propio o 3PL).

**Experiencia previa (EP)**

Este criterio es de tipo cualitativo y se toman en cuenta aspectos relacionados con el proveedor como:

- Trabajos realizados en conjunto con anterioridad
- Referencias de otras empresas con respecto a su desempeño, solidez financiera y legalidad.
- Percepción de los clientes del servicio otorgado (atención, presentación, filosofía de servicio)
- Grado y calidad de comunicación en el manejo de las evidencias de entrega, en el manejo de información de las necesidades de los clientes y en los cambios en la estructura de la empresa.

Este criterio se califica directamente en la escala estandarizada

**Grado de alianzas con otras empresas (GA)**

Este criterio es de tipo cualitativo donde consenso el grado de alianza que guarda el proveedor logístico con otras empresas a las que les presta o les prestó alguna vez sus servicios de acuerdo a lo siguiente:

<b>Excelente</b>	Tipo III
<b>Bueno</b>	Tipo II
<b>No satisfactorio</b>	Tipo I
<b>Deficiente</b>	sin

En el contexto de la logística Lambert identifica tres clases de relaciones entre los extremos de relaciones compra-venta con un 3PL. En el nivel más bajo (tipo I) se tiene una perspectiva de corto plazo, y una coordinación y planeación conjunta de actividades limitada a un área funcional. En un segundo nivel (tipo II), la perspectiva de la relación es de largo plazo y se involucra a múltiples áreas funcionales, en tanto que en el nivel más alto de asociación (tipo III) se da un nivel de integración notable, no se visualiza un tiempo de terminación para la relación y cada organización considera a la otra como una extensión de si misma

Para finalizar la definición de los criterios de decisión, se realizó una reunión con los actores del sistema y se asignaron, de forma directa, los pesos relativos de dichos criterios como lo muestra la siguiente tabla:

<b>Criterios</b>	<b>Pesos</b>
CTFP	6
CC	4
C	3
EP	3
GA	6

### 1.3. Evaluación.

*Alternativa 1 (Subcontratar almacenamiento y subcontratar la distribución).*

*Para CTFP:*

Se tomó el valor medio obtenido de CTFP de las compañías seleccionadas como probables proveedores logísticos, dicha información provino de otras compañías que trabajan actualmente con ellos, con el resultado siguiente: **98%-Excelente**

*Para CC:*

También se tomó el promedio de CC de los probables 3PL con el siguiente resultado: **4,200 - Deficiente**

*Para C:*

De la misma forma se tomó el promedio de C de los probables 3PL con el siguiente resultado: **10 - Excelente**

*Para EP:*

Para definir la calificación de éste criterio se realizaron dos actividades: **1)** corroboración de la información proporcionada por los 3PL, mediante a) visita a sus instalaciones y b) comunicación directa con sus clientes; y **2)** reunión con los involucrados en el proceso, para acordar dicha calificación, con el siguiente resultado: **Bueno**

*Para GA:*

En la definición de la calificación de éste criterio GA se siguió la misma tónica que para el criterio anterior con el siguiente resultado: **Tipo III - Excelente**

*Alternativas 2 a 12.*

Para éstas alternativas también se siguió el proceso descrito en la alternativa 1, los resultados globales se expresan en la siguiente matriz:

<b>Crterios / Alternativas</b>	<b>CTFP</b>	<b>CC</b>	<b>C</b>	<b>EP</b>	<b>GA</b>
<b>1</b>	98	4,200	10	B	Tipo III
<b>2</b>	93	3,450	7	NS	Tipo II
<b>3</b>	96	2,600	5	B	Tipo I
<b>4</b>	97	3,800	7	B	Tipo III
<b>5</b>	90	2,900	6	NS	Tipo II
<b>6</b>	95	2,700	5	B	Tipo I
<b>7</b>	97	3,500	8	B	Tipo II
<b>8</b>	95	2,100	4	E	Tipo II
<b>9</b>	95	2,500	7	E	Tipo II
<b>10</b>	99	2,800	9	B	Tipo II
<b>11</b>	96	2,150	4	B	Tipo II
<b>12</b>	96	2,300	6	E	Tipo III

La matriz estandarizada queda de la siguiente manera:

<b>Criterios / Alternativas</b>	<b>CTFP</b>	<b>CC</b>	<b>C</b>	<b>EP</b>	<b>GA</b>
<b>1</b>	10	0	10	8	10
<b>2</b>	8	5	8	5	8
<b>3</b>	8	8	8	8	5
<b>4</b>	10	0	8	8	10
<b>5</b>	8	5	8	5	8
<b>6</b>	8	8	8	8	5
<b>7</b>	10	5	10	8	8
<b>8</b>	8	10	5	10	8
<b>9</b>	8	8	8	10	8
<b>10</b>	10	5	10	8	8
<b>11</b>	8	10	5	8	8
<b>12</b>	8	8	8	10	10

### Jerarquización Analítica

Para encontrar el peso relativo entre los criterios se tomó en cuenta la escala de importancia propuesta por Saaty<sup>1</sup>, obteniendo el siguiente resultado:

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{A} \\
 \left[ \begin{array}{ccccc}
 1 & 2 & 3 & 3 & 1 \\
 \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & \frac{1}{2} \\
 \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{3} \\
 \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{3} \\
 1 & 2 & 3 & 3 & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{W} \\
 \left[ \begin{array}{c}
 0.31 \\
 0.18 \\
 0.10 \\
 0.10 \\
 0.31
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \quad \mathbf{RI} = 0.3\%$$

Para los pesos de las alternativas con respecto al criterio 1, se tomó como referencia la matriz de resultados globales y la misma escala de Saaty<sup>2</sup> y se obtuvo lo siguiente:

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	w	RI
1	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	0.18	<b>0.00%</b>
2	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
3	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
4	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	0.18	
5	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
6	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
7	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	0.18	
8	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
9	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
10	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	1.00	5.00	5.00	0.18	
11	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	
12	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.20	1.00	1.00	0.04	

Los resultados con respecto al criterio 2 bajo el procedimiento antes descrito son:

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	w	RI
1	1.00	0.20	0.14	1.00	0.20	0.14	0.20	0.11	0.14	0.20	0.11	0.14	0.01	<b>2.64%</b>
2	5.00	1.00	0.33	5.00	1.00	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	0.04	
3	7.00	3.00	1.00	5.00	3.00	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	0.09	
4	1.00	0.20	0.20	1.00	0.20	0.14	0.20	0.11	0.14	0.20	0.11	0.14	0.01	
5	5.00	1.00	0.33	5.00	1.00	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	0.04	
6	7.00	3.00	1.00	7.00	3.00	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	0.10	
7	5.00	1.00	0.33	5.00	1.00	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	0.04	
8	9.00	5.00	3.00	9.00	5.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	0.21	
9	7.00	3.00	1.00	7.00	3.00	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	0.10	
10	5.00	1.00	0.33	5.00	1.00	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	0.04	
11	9.00	5.00	3.00	9.00	5.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	0.21	
12	7.00	3.00	1.00	7.00	3.00	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	0.10	

<sup>1</sup> Ibid p. 171

<sup>2</sup> Ibid p. 171

De la misma forma para el criterio 3:

A													w	RI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		0.62%
1	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	5.00	3.00	1.00	5.00	3.00	0.17	
2	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	
3	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	
4	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	
5	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	
6	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	
7	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	5.00	3.00	1.00	5.00	3.00	0.17	
8	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	1.00	0.33	0.20	1.00	0.33	0.02	
9	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	
10	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	5.00	3.00	1.00	5.00	3.00	0.17	
11	0.20	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	1.00	0.33	0.20	1.00	0.33	0.02	
12	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.33	3.00	1.00	0.06	

De igual manera para el criterio 4:

A													w	RI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		0.62%
1	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
2	0.33	1.00	0.33	0.33	1.00	0.33	0.33	0.20	0.20	0.33	0.33	0.20	0.02	
3	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
4	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
5	0.33	1.00	0.33	0.33	1.00	0.33	0.33	0.20	0.20	0.33	0.33	0.20	0.02	
6	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
7	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
8	3.00	5.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	1.00	1.00	3.00	3.00	1.00	0.17	
9	3.00	5.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	1.00	1.00	3.00	3.00	1.00	0.17	
10	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
11	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	1.00	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.06	
12	3.00	5.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	1.00	1.00	3.00	3.00	1.00	0.17	

De la misma forma para el criterio 5:

A													w	RI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1.23%
1	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	0.17	
2	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
3	0.20	0.33	1.00	0.20	0.33	1.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	0.02	
4	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	0.17	
5	0.20	1.00	3.00	0.20	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
6	0.33	0.33	1.00	0.33	0.33	1.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.20	0.03	
7	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
8	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
9	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
10	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
11	0.33	1.00	3.00	0.33	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.06	
12	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.00	0.17	

Jerarquización.

	0.18		0.01		0.17		0.06		0.17		<b>0.10</b>
	0.04		0.04		0.06		0.02		0.06		<b>0.03</b>
	0.04		0.09		0.06		0.06		0.02		<b>0.05</b>
	0.18		0.01		0.06		0.06		0.17		<b>0.10</b>
	0.04		0.04		0.06		0.02		0.06		<b>0.03</b>
<b>0.31</b>	0.04	<b>0.18</b>	0.10	<b>0.10</b>	0.06	<b>0.10</b>	0.06	<b>0.31</b>	0.03	=	<b>0.05</b>
	0.18		0.04		0.17		0.06		0.06		<b>0.10</b>
	0.04		0.21		0.02		0.17		0.06		<b>0.11</b>
	0.04		0.10		0.06		0.17		0.06		<b>0.10</b>
	0.18		0.04		0.17		0.06		0.06		<b>0.10</b>
	0.04		0.21		0.02		0.06		0.06		<b>0.06</b>
	0.04		0.10		0.06		0.17		0.17		<b>0.10</b>

Ordenando en forma descendente como a continuación se muestra:

Alternativa	Puntaje
<b>8</b>	0.11
<b>12</b>	0.10
<b>1</b>	0.10
<b>4</b>	0.10
<b>7</b>	0.10
<b>10</b>	0.10
<b>9</b>	0.10
<b>11</b>	0.06
<b>6</b>	0.05
<b>3</b>	0.05
<b>2</b>	0.03
<b>5</b>	0.03

Podemos decir que:

1. La que parece ser la mejor opción es la renta del almacén y de camionetas, combinada con la operación propia de la actividad Logística (alternativa 8) y,
2. No es posible concluir de manera satisfactoria cual de las alternativas es claramente la mejor, debido a que existen cinco alternativas muy cercanas entre si (12, 1, 4, 7, 10 y 9), dicho de otra forma, existe muy poca diferencia en el puntaje de la mayoría de los pares de alternativas para llegar a una conclusión de esa índole.



*Electre*

Llenado de la matriz de alternativas-criterios<sup>3</sup> (se llenó previamente).

<b>Criterios / Alternativas</b>	<b>CTFP</b>	<b>CC</b>	<b>C</b>	<b>EP</b>	<b>GA</b>
1	10	0	10	8	10
2	8	5	8	5	8
3	8	8	8	8	5
4	10	0	8	8	10
5	8	5	8	5	8
6	8	8	8	8	5
7	10	5	10	8	8
8	8	10	5	10	8
9	8	8	8	10	8
10	10	5	10	8	8
11	8	10	5	8	8
12	8	8	8	10	10

Generación de las matrices de concordancia y discordancia.

**Matriz de Concordancia**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	0.18	0.45	0.86	0.18	0.45	0.86	0.45	0.45	0.86	0.45	0.59
2	0.82	-	0.86	0.82	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	0.86	1.00
3	0.82	0.55	-	0.82	0.55	1.00	0.82	0.86	1.00	0.82	0.86	1.00
4	1.00	0.14	0.59	-	0.32	0.59	0.86	0.45	0.59	0.86	0.45	0.73
5	0.82	1.00	0.86	0.82	-	0.86	1.00	0.86	1.00	1.00	0.86	1.00
6	0.82	0.55	1.00	0.82	0.55	-	0.82	0.86	1.00	0.82	0.86	1.00
7	0.82	0.32	0.45	0.68	0.32	0.45	-	0.59	0.59	1.00	0.59	0.59
8	0.55	0.55	0.41	0.55	0.55	0.41	0.55	-	0.82	0.55	0.73	0.82
9	0.55	0.55	0.59	0.55	0.55	0.59	0.55	0.86	-	0.55	0.59	1.00
10	0.82	0.32	0.45	0.68	0.32	0.45	1.00	0.59	0.59	-	0.59	0.59
11	0.82	0.55	0.68	0.82	0.55	0.68	0.82	1.00	0.82	0.82	-	0.82
12	0.55	0.41	0.59	0.55	0.41	0.59	0.41	0.73	0.86	0.41	0.45	-

**Matriz de Discordancia**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	0.30	0.50	0.20	0.30	0.50	0.20	0.50	0.20	0.20	0.50	0.20
2	0.50	-	0.30	0.50	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00
3	0.80	0.30	-	0.80	0.30	0.00	0.30	0.30	0.00	0.30	0.30	0.00
4	0.00	0.30	0.50	-	0.30	0.50	0.20	0.30	0.20	0.20	0.30	0.20
5	0.50	0.00	0.30	0.50	-	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.30	0.00
6	0.80	0.30	0.00	0.80	0.30	-	0.30	0.30	0.00	0.30	0.30	0.00
7	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30	-	0.50	0.20	0.00	0.50	0.20
8	1.00	0.50	0.30	1.00	0.50	0.30	0.50	-	0.20	0.50	0.20	0.20
9	0.80	0.50	0.30	0.80	0.50	0.30	0.30	0.30	-	0.30	0.30	0.00
10	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30	0.00	0.50	0.20	-	0.50	0.20
11	1.00	0.50	0.30	1.00	0.50	0.30	0.50	0.00	0.20	0.50	-	0.20
12	0.80	0.50	0.50	0.80	0.50	0.50	0.30	0.30	0.20	0.30	0.30	-

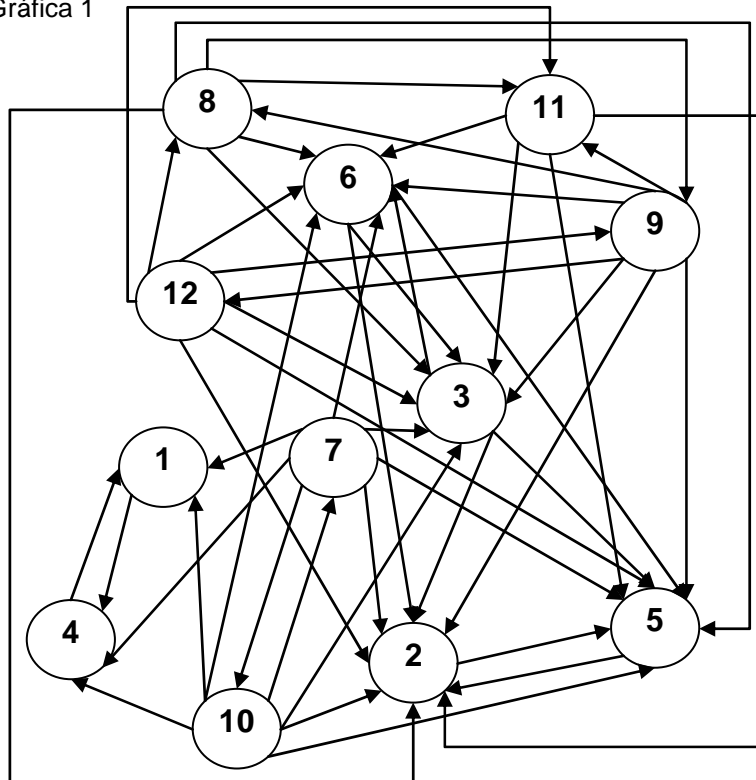
<sup>3</sup> Ibid p. 185

Análisis de las relaciones de sobre clasificación.

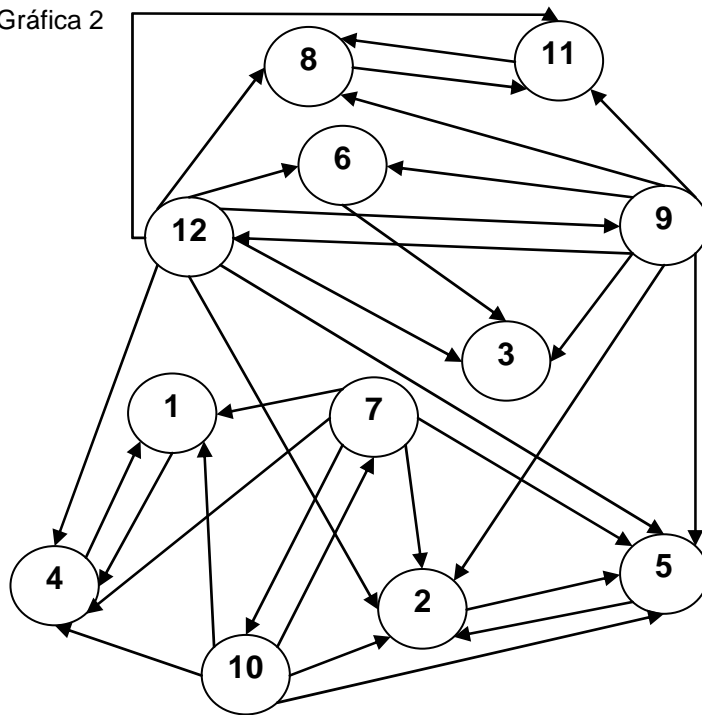
Para ello se construyen tres gráficas paramétricas a partir de los siguientes valores:

Gráfica	p	q
1	0.80	0.35
2	0.70	0.20
3	0.85	0.20

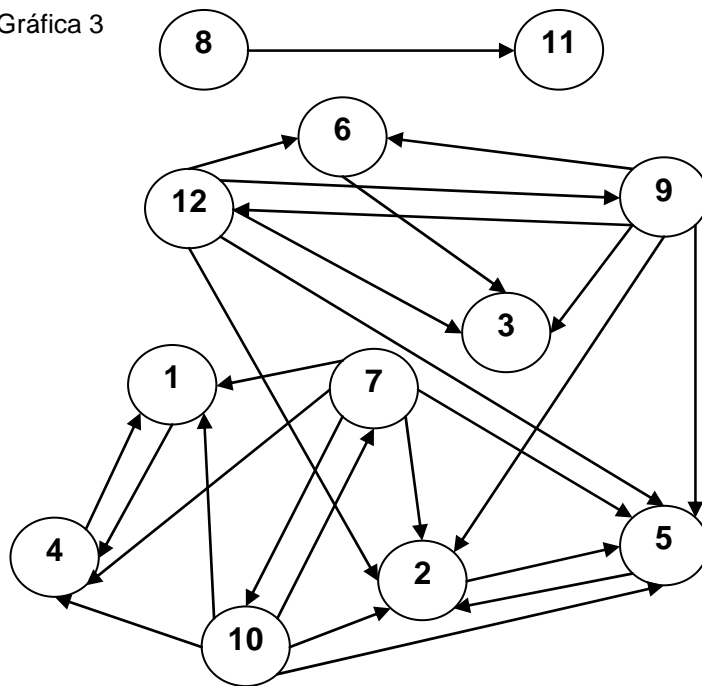
Gráfica 1



Gráfica 2



Gráfica 3



Finalmente, la siguiente tabla resumen muestra los resultados del análisis realizado.

Alternativas		Jerarquización
Domina	Es dominada	
1(3)	1(9)	12
2(3)	2(19)	9
3(3)	3(13)	7, 10
4(3)	4(10)	8
5(3)	5(19)	11
6(5)	6(11)	6, 1
7(17)	7(3)	4
8(8)	8(5)	3
9(19)	9(4)	2, 5
10(17)	10(3)	
11(5)	11(7)	
12(20)	12(3)	

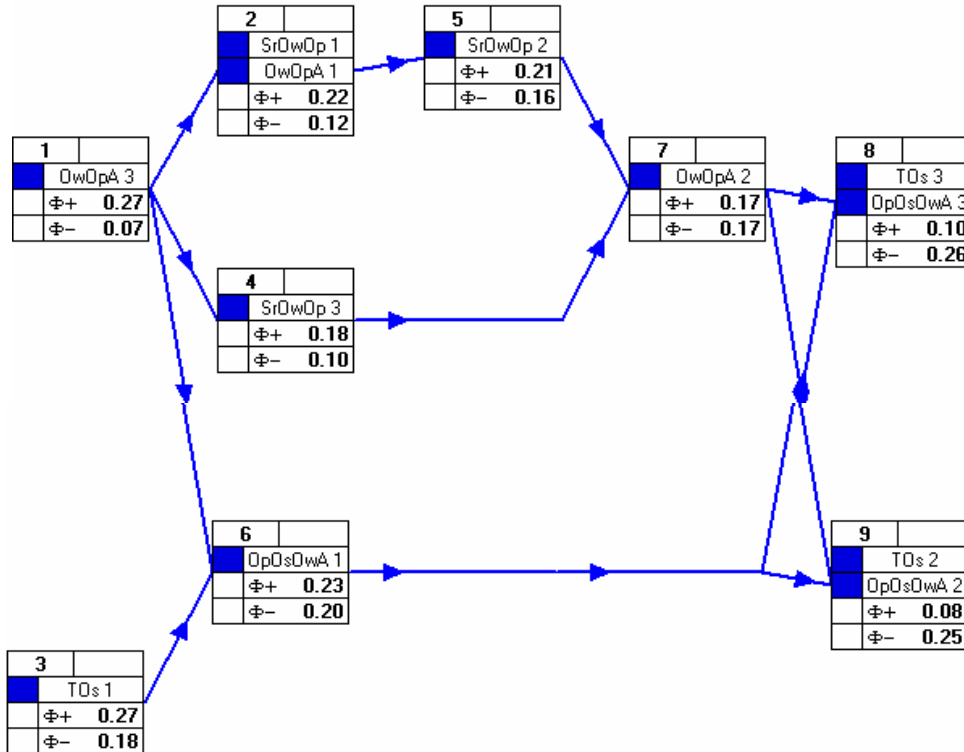
Los resultados nos muestran que la adquisición de nuevos activos para la operación propia es la mejor opción, seguido de la operación propia del almacén con arrendamiento del espacio en primer lugar o en su defecto adquiriendo los activos, combinado con operación y activos propios en la distribución o la subcontratación total de ésta.

*Promethee - Gaia*

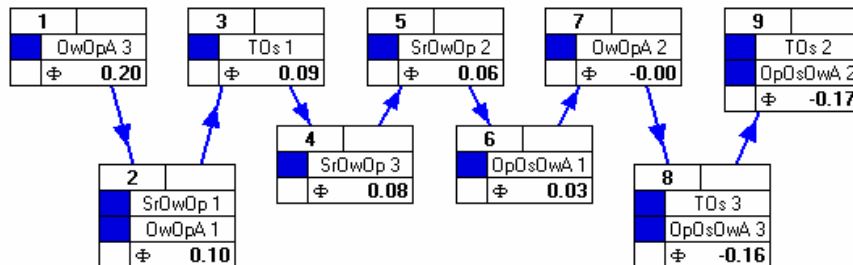
De la misma forma que en Electre se tomará como base la matriz de evaluación de alternativas y criterios estandarizada llenada previamente así como la ponderación de los criterios también usada en el método antes mencionado.

Obteniendo con el software Decisión Lab los siguientes resultados:

Para Promethee I.



Para Promethee II.



De las gráficas anteriores podemos concluir que:

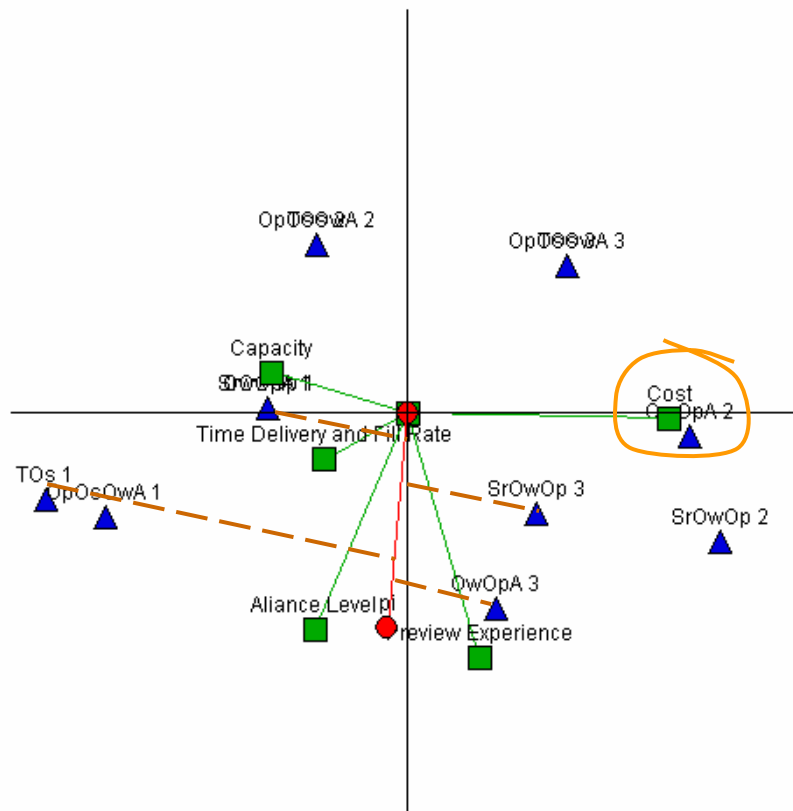
- Existen varias indiferencias entre las alternativas (Ejemplo: 7 y 10), así como incomparabilidades (Ejemplo: 12 y 1).

2. La mejor alternativa es la operación propia y la adquisición de activos también propios en toda la actividad logística (almacenaje y distribución), cuyo número de alternativa es el **(12)**.
3. En la jerarquización le siguen las opciones: renta del espacio y operación propia de la actividad de almacenaje combinada con la subcontratación total de la distribución **(7)**, o la operación propia y adquisición de activos propios del almacén combinada también con la subcontratación total de la distribución **(10)**, además de las opciones **(1)** y **(9)** en posiciones subsecuentes, pero con puntajes similares.

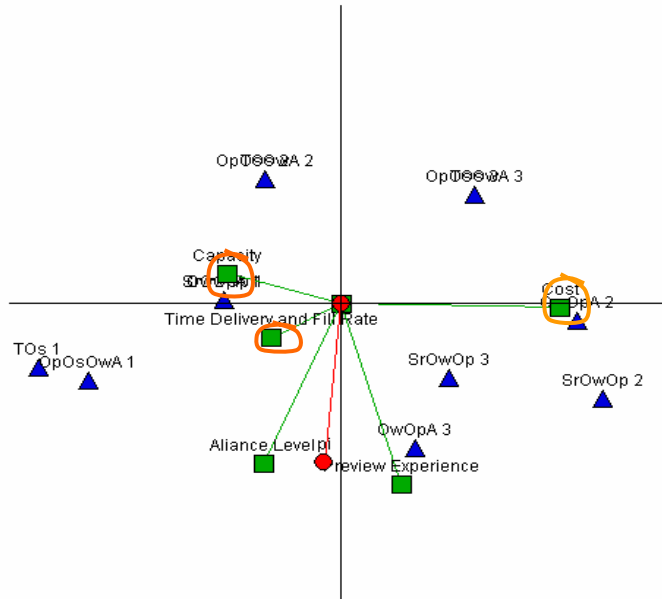
Plano Gaia.

En este plano, al trazar la dirección que va del centro del plano al punto **pi** (línea de color rojo) y las **líneas perpendiculares** que van desde las alternativas (**triángulos de color azul**) hacia la dirección mencionada, podemos observar cuales de dichas alternativas son las mejores opciones del problema planteado, así como cuales se verían favorecidas en la jerarquización si les damos un peso relativo significativamente mayor a alguno de los criterios de decisión (**cuadros en verde**) definidos.

Por ejemplo, si favoreciéramos al criterio **Costo** significativamente más que los otros criterios (peso mayor al 80%) la alternativa mejor sería: **la operación propia con activos propios en la actividad del almacenamiento y la renta de camionetas y operación propia en la distribución, es decir la número 11.**



También podemos inferir del plano Gaia que criterios se encuentran en conflicto. En este caso podemos decir que la **Capacidad y Cumplimiento** (en tiempo y forma) de los pedidos, están en conflicto con el **Costo**, porque se encuentran notoriamente en direcciones opuestas entre sí.

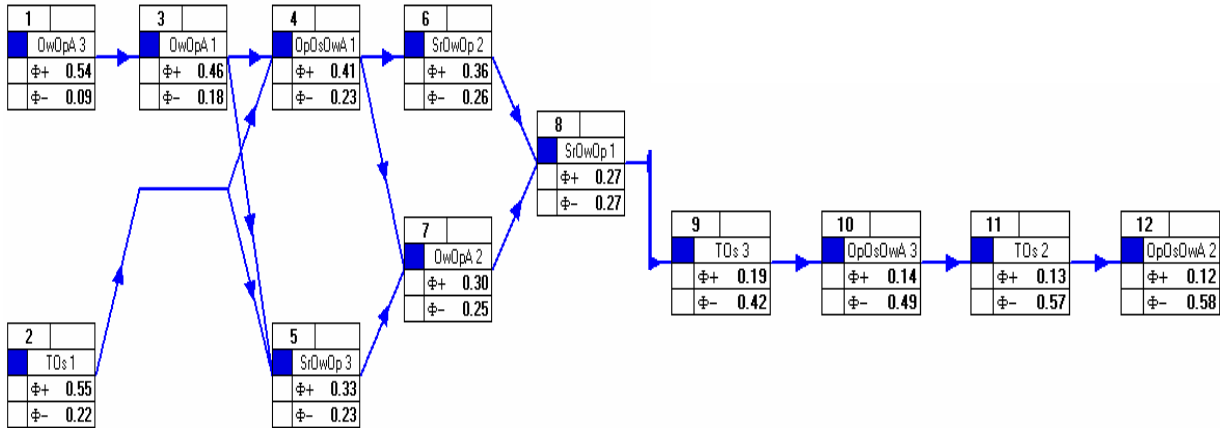


Cambio de escalas

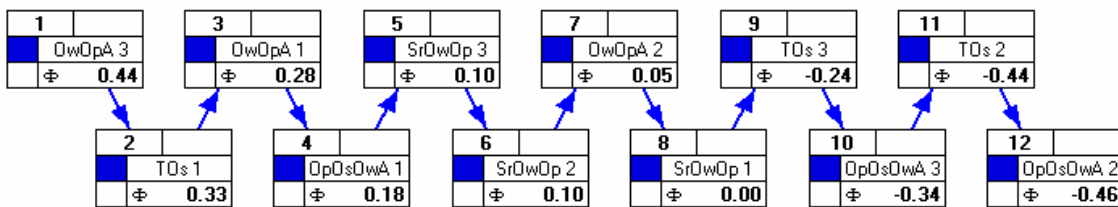
Con respecto a la conclusión 1 de las gráficas de Promethee, las incomparabilidades e indiferencias podrían deberse a la estandarización de las escalas de los criterios en la tabla de evaluación. Si volvemos a las escalas originales de los criterios (Cumplimiento, Capacidad y Costo) y corremos de nueva cuenta el problema en Decision Lab como se muestra a continuación:

	Time Delivery and Fill Rate	Cost	Capacity	Preview Experience	Alliance Level
Type	V-Shape	V-Shape	U-Shape	Usual	Usual
Q	-	-	2.0000	-	-
P	3.0000	500.0000	-	-	-
S	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Average	95.5833	2916.6667	6.5000	3.0833	2.0833
Standard Dev.	2.3533	675.6590	1.8829	0.6686	0.6686
Unit				PE	AL
TOs 1	98.0000	4200.0000	10.0000	Good	Tipe III
TOs 2	93.0000	3450.0000	7.0000	Bad	Tipe II
TOs 3	96.0000	2600.0000	5.0000	Good	Tipe I
OpOsOwA 1	97.0000	3800.0000	7.0000	Good	Tipe III
OpOsOwA 2	90.0000	2900.0000	6.0000	Bad	Tipe II
OpOsOwA 3	95.0000	2700.0000	5.0000	Good	Tipe I
SrOwOp 1	97.0000	3500.0000	8.0000	Good	Tipe II
SrOwOp 2	95.0000	2100.0000	4.0000	Excelent	Tipe II
SrOwOp 3	95.0000	2500.0000	7.0000	Excelent	Tipe II
OwOpA 1	99.0000	2800.0000	9.0000	Good	Tipe II
OwOpA 2	96.0000	2150.0000	4.0000	Good	Tipe II
OwOpA 3	96.0000	2300.0000	6.0000	Excelent	Tipe III

Obtenemos:  
Promethee I

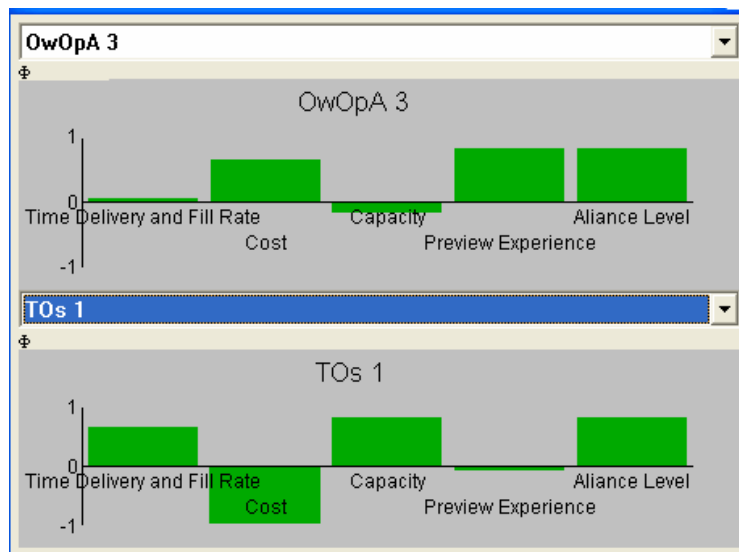


Promethee II



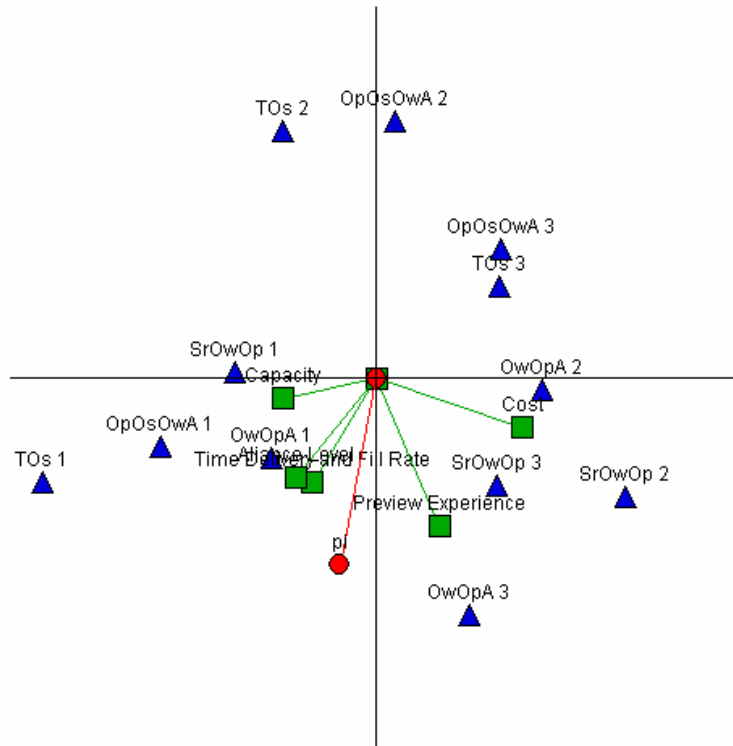
De donde observamos que se disminuye significativamente el número de incomparabilidades y desaparecen las indiferencias. También vemos que cambia un poco la jerarquización, la alternativa 12 sigue siendo la mejor, sin embargo la 1 cambia al segundo lugar seguidas de la 10, 4, 9 y 8.

Permanece la incomparabilidad entre 12 y 1 que se puede apreciar mejor en la siguiente gráfica:





En el plano Gaia no se aprecian grandes cambios:



Al comparar las jerarquizaciones podemos observar que no hay cambio significativo en estas como lo muestra la tabla siguiente:

	Promethee EE	Promethee EO
1°	12	12
2°	7, 10	1
3°	1	10
4°	9	4
5°	8	9, 8
6°	4	11
7°	11	7
8°	3, 6	3
9°	2, 5	6
10°		2
11°		5

Por lo tanto podemos concluir que el cambio de escala solo nos hace más clara la jerarquización de las alternativas y por consiguiente esta última no influye en el resultado de la evaluación.

#### 4. Conclusiones. Análisis y discusión de resultados.

Para ayudar en el análisis de los resultados se conjuntó lo obtenido en los tres métodos de evaluación (AHP, Electre y Promethee) en la siguiente tabla resumen:

	AHP	Electre	Promethee
1°	8	12	12
2°	12	9	1
3°	1	10	10
4°	4	7	4
5°	7	8	9
6°	10	11	8
7°	9	1	11
8°	11	6	7
9°	6	4	3
10°	3	3	6
11°	2	2	2
12°	5	5	5

Al hacer un análisis de sensibilidad, con el peso otorgado, a los criterios en la escala de Saaty y la ponderación de estos otorgada directamente por los decisores, tenemos que no existe diferencia significativa en la jerarquización de cada uno de los métodos.

Para el método AHP, las diferencias son como lo muestran la tabla siguiente,

	AHP Saaty	AHP Directo
1°	8	8
2°	12	12
3°	1	9
4°	4	1
5°	7, 10	4, 7, 10
6°	9	11
7°	11	6
8°	6	3
9°	3	2
10°	2	5
11°	5	

para Promethee cambia de posición las alternativas 9<sup>°</sup>, 8<sup>°</sup>, 11<sup>7°</sup> a 8<sup>5°</sup>, 11<sup>6°</sup>, 9<sup>7°</sup> y para Electre ningún cambio se manifiesta en la jerarquización.

Debido a que no existe influencia significativa, ni en la forma en que se otorgó el peso a los criterios (directamente o a través de la escala de Saaty), ni en las escalas de medición utilizadas en éstos, podemos decir que:

1. Existe gran coincidencia en las jerarquizaciones de los métodos.
2. Tanto en AHP como en Electre se reflejan un gran número de **incomparabilidades o indiferencias**, lo anterior se debe a que no existe diferencia entre las evaluaciones de las alternativas o ésta es de menos de 0.05% en el puntaje o en los flujos de dominio respectivamente, que se traduce en incertidumbre en la decisión a tomar o la poca solidez de la misma.
3. Promethee - Gaia es más claro en la información sobre la evaluación debido, en su mayor parte, a los datos con que se alimentó al método.
4. La solución parece estar fuertemente cargada hacia la operación propia y la adquisición de activos propios para la gestión del almacenamiento (alternativas **12** y **10**) combinada también con operación propia y adquisición de activos para la distribución física (**alternativa 12**) o en su defecto con la subcontratación total de ésta última (alternativas 1, 10, 4)

Por lo anterior expuesto haré un análisis de sensibilidad para la jerarquización del método Promethee - Gaia.

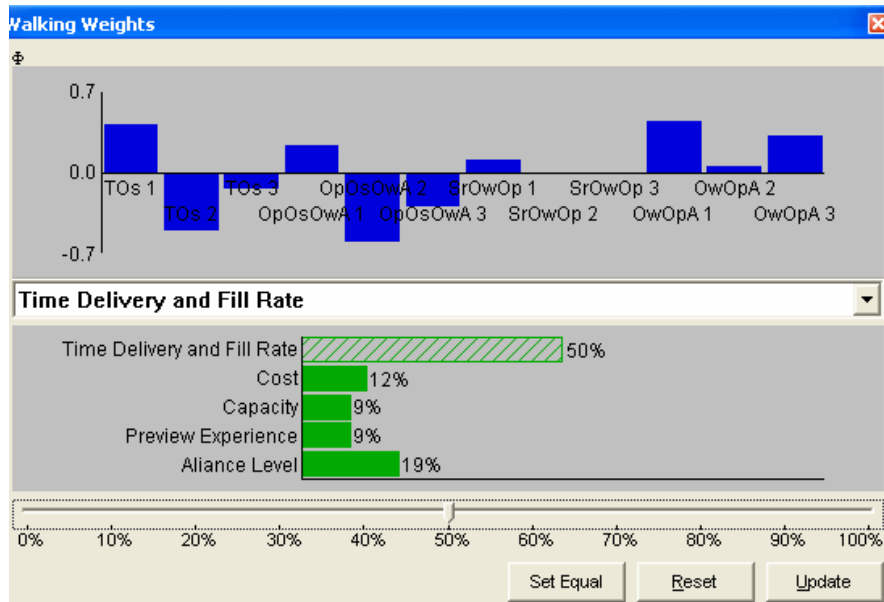
En primer lugar variaré los pesos otorgados a los criterios, como lo muestra la siguiente tabla:

Criterio	% +	% -
CTFP	23	
CC	32	
C	37	
EP	37	
AE	23	17

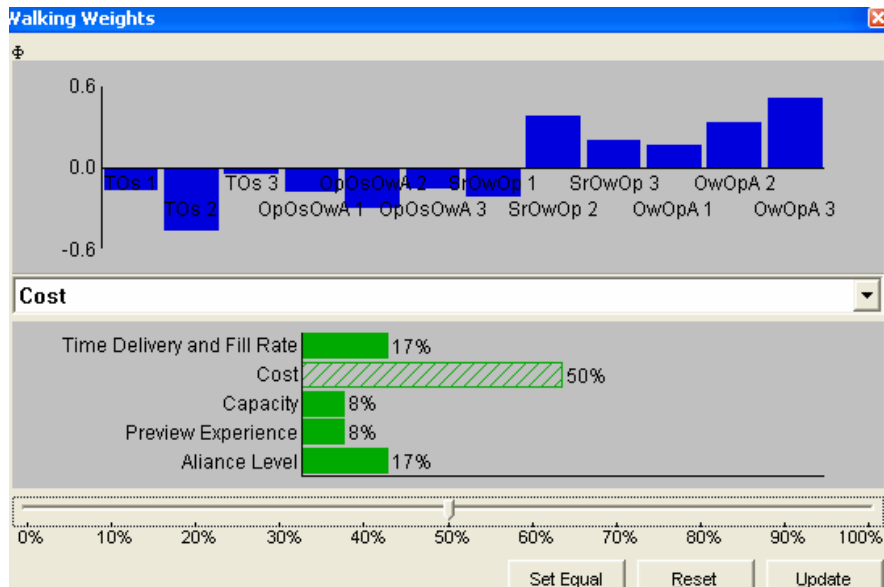
Al revisar los intervalos de estabilidad en Decision Lab podemos apreciar que si va haber cambios en la jerarquización al cambiar los pesos en la ponderación de los criterios:

Stability Intervals						
Stability Level: <input type="text" value="12"/> first actions						
	Weight	Interval		% Weight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
<b>Delivery and Fill</b>	6.0000	3.9333	9.3600	27.27%	19.73%	36.91%
Cost	4.0000	3.2680	4.0385	18.18%	15.37%	18.32%
Capacity	3.0000	2.9714	4.1200	13.64%	13.52%	17.82%
Review Experience	3.0000	1.8000	4.9600	13.64%	8.65%	20.70%
Alliance Level	6.0000	4.8200	8.3000	27.27%	23.15%	34.16%

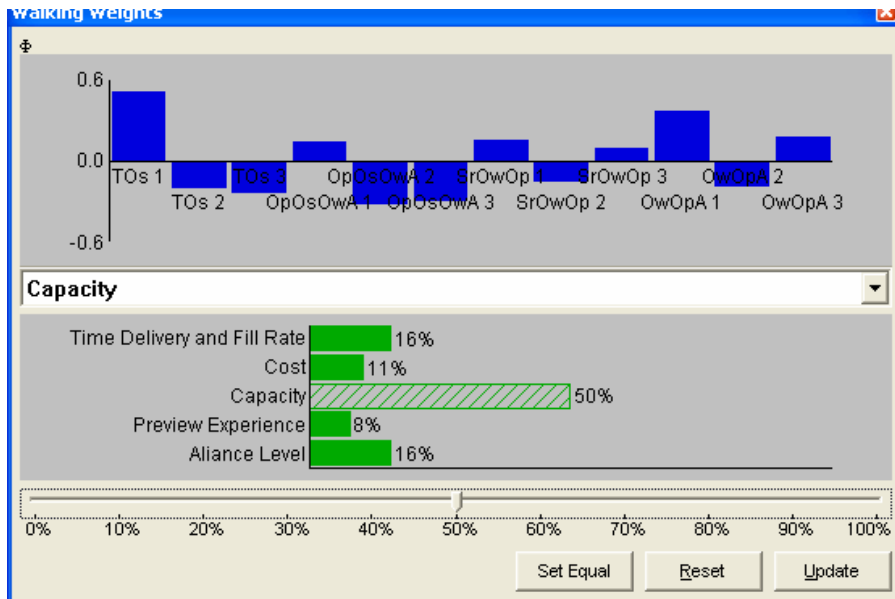
La influencia en las evaluaciones fueron las siguientes:



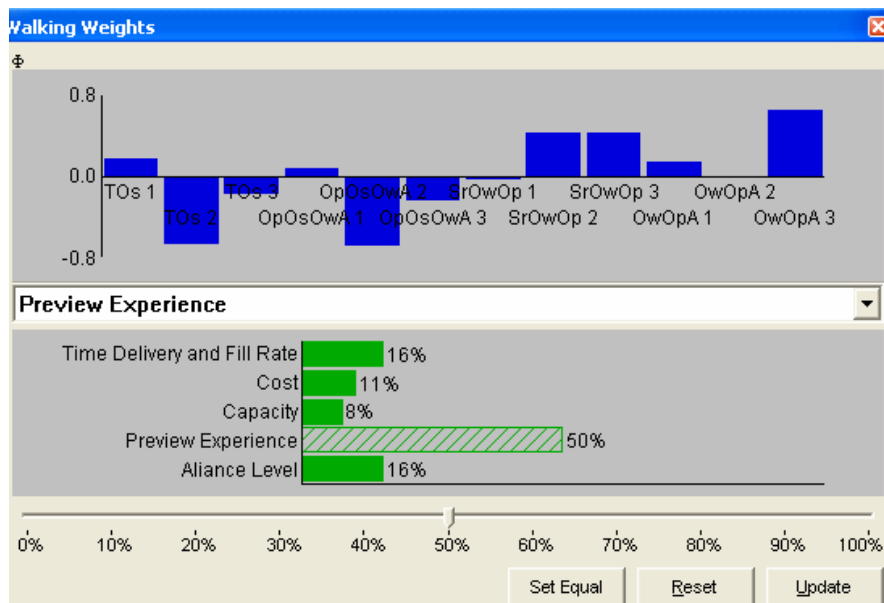
Las mejores cuatro alternativas en la jerarquización original lo siguen siendo al cambiar el peso relativo del criterio CTFP a 50%, quedando como sigue: 10<sup>1</sup>, 1<sup>2</sup>, 12<sup>3</sup>, 4<sup>4</sup>. Se puede apreciar que la decisión se inclina fuertemente hacia la subcontratación total de la distribución física, conservando la operación propia y adquisición de activos propios para la gestión de almacenamiento.



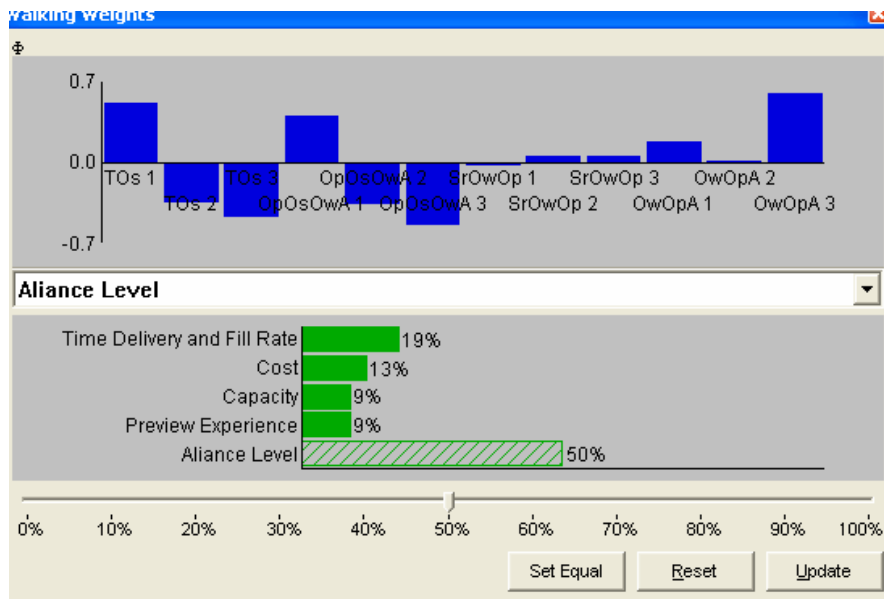
Al cambiar el peso de CC a 50%, los cambios serían: 12, 8, 11, lo que significa que se fortalece la operación propia y adquisición de activos propios en la gestión de almacenes y la distribución física (12) o en su defecto arrendar las camionetas para el reparto (8, 11)



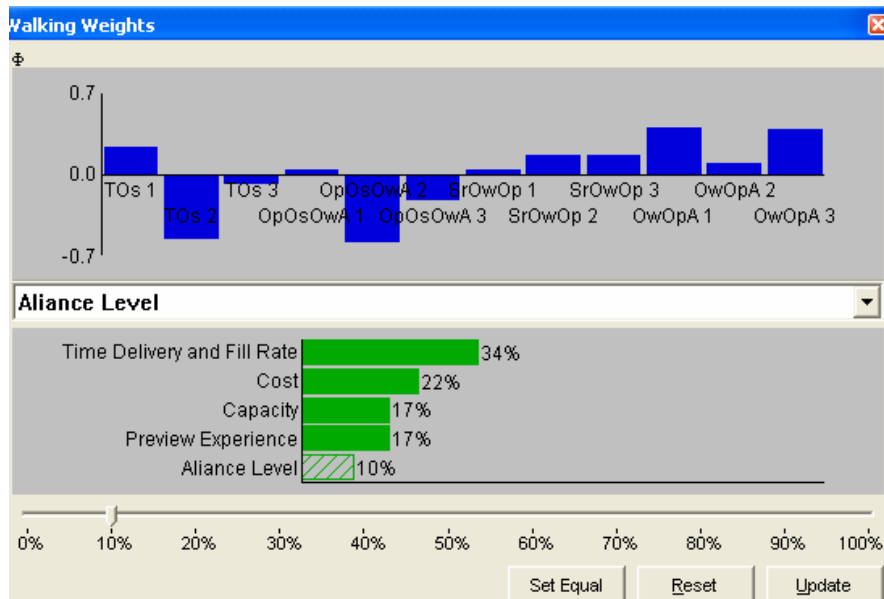
Cuando el peso de C es 50%, se ven favorecidas las alternativas 1, 10, 12. Lo que significa que se favorece más la subcontratación total de la actividad logística y como segunda opción la operación propia de los almacenes.



Con un peso de PE del 50%, se ve favorecida la alternativa 12, 8 y 9, que definitivamente significa la operación propia en toda la actividad logística y en su defecto arrendamiento de las camionetas de reparto.



Al darle un peso de 50% al criterio AL, no se aprecia algún cambio significativo.



Finalmente al reducir al 10% el peso del criterio AL concluimos que se ve favorecida la operación propia y la adquisición propia de activos para la actividad de almacén combinada con la subcontratación total de la distribución física o la operación propia y adquisición de camionetas propias de ésta actividad, alternativas 10, 12, 1.

Del análisis de sensibilidad, podemos concluir que la decisión fluctúa entre las alternativas mostradas en la tabla siguiente:

Peso de criterio (%)	No alternativa	Descripción del cambio en la alternativa
Alternativa mejor	12, 1, 10	Operación propia y adquisición de activos propios en toda la actividad logística (gestión de almacenes y distribución física )
CTFP (50)	10, 1, 12	Inclinación fuerte a la subcontratación total de la distribución física
CC (50)	12, 8, 11	Opción a la renta de camionetas, se descarta subcontratación total de la logística (1)
C (50)	1, 10, 12	Inclinación fuerte a la subcontratación total de la logística
EP (50)	12, 8, 9	Opción a la renta de camionetas
AL (50)	12, 1, 4	Sin cambio significativo
AL (10)	10, 12, 1	Inclinación débil a la subcontratación total de la distribución física

Por lo que se observa en la tabla se favorece la alternativa 12 en la mayoría de las veces (3), la 10 en (2) y la 1 en (1) lo que nos indica que la alternativa 12 es una solución con gran solidez. En caso de las variantes en el peso que pueda tomar cada criterio se modificaría sólo la parte de la distribución física que tiende hacia la subcontratación total (10) o parcial (renta de camionetas, alternativa 8) dependiendo de que criterio sea el que pese más.

La alternativa 1 se vuelve fuertemente dominante cuando se le otorga gran peso al criterio de Capacidad. Sin embargo, es también importante resaltar que se mantiene la incomparabilidad con la alternativa 12, siendo ésta última totalmente opuesta a la primera.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y realizado los análisis de sensibilidad pertinentes, aquellos que el grupo decisor sostuvo son los que se debían hacer, podemos concluir que se ha llegado a una decisión sólida y la mejor de entre las planteadas para las condiciones imperantes, alternativa 12, así como las acciones a seguir ante los eventuales cambios en dichas condiciones.

Con respecto a los métodos de decisión multicriterio utilizados, AHP, Electre y Promethee-Gaia, podemos afirmar que fueron una herramienta esencial y adecuada para la evaluación de las alternativas planteadas y el alcance de la conclusión antes descrita. También sería adecuado decir que, hasta cierto punto, los tres métodos son igualmente útiles, sin embargo el mejor de ellos, por su forma de involucrar al grupo de decisores, sus preferencias y llevarlas mediante su construcción, a un proceso de sincretismo con la información propia de la calificación de las alternativas, es Promethee-Gaia.

Por otra lado a diferencia de AHP, los métodos de superación, Electre y Promethee-Gaia fueron más claros en la jerarquización que de ellos se obtuvo, dichos métodos son mucho más elaborados que AHP, sin embargo AHP puede ser confiable si la jerarquización que arroja, en algún otro caso de aplicación, fuese tal que se aprecien diferencias considerablemente grandes entre los puntajes de sus alternativas.

Al interpretar los resultados de la evaluación en el contexto de la tercerización de la actividad logística, podemos decir que, por el alto puntaje obtenido en la jerarquización de las alternativas operación propia y adquisición propia de activos fijos en toda la actividad logística (12) y subcontratación total de ésta última (1) y la incomparabilidad de éstas, si la empresa Vedia Comercial no encuentra algún proveedor logístico que supere o se acerque al target de sus costos logísticos y al nivel de desempeño en esta actividad, lo mejor es incrementar de forma propia su capacidad en almacenamiento y distribución física.

Para finalizar también podemos decir que, por lo reflejado en la tabla de evaluación de las alternativas planteadas, la mayor parte de los proveedores logísticos son moderadamente competitivos en los criterios cumplimiento (CTFP) y Costo (CC) antes descritos, y para que dichos 3PL's incrementen su presencia, de forma sostenida, en la proveeduría de este servicio deben mejorar en ello.



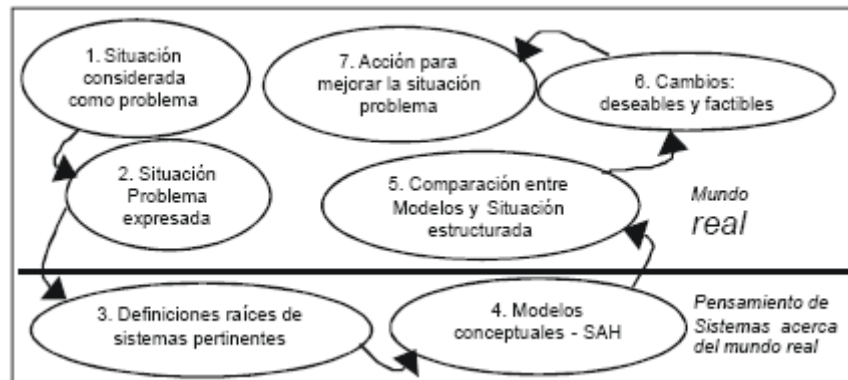
## 5. Anexos.

### Sistemas Suaves (SSM)<sup>1</sup>

Debido a la poca efectividad de la Ingeniería de Sistemas en ambientes poco estructurados, Peter Checkland desarrolló una metodología de análisis relacionada con la actividad humana en situaciones no definidas o de naturaleza problemática (SSM). SSM es un proceso de indagación que Checkland (1981) define como: “Metodología de Sistemas que aborda problemas del mundo real en el cual el estado deseado es conocido, si embargo no puede ser modelado como se muestra”

El potencial de aplicación de SSM es muy amplio en la industria o el sector público, desde un problema local o departamental hasta abordar una investigación nacional o global. La solución de un proceso de indagación en un problema heurístico (MSS) resulta en discusión y acción para el cambio y como consecuencia la solución a distintas problemáticas.

SSM es un grupo de principios organizados que guía la acción para tratar con situaciones problema, está basada en el pensamiento de sistemas y es aplicable para la toma de acción con propósito definido que intente cambiar situaciones constructivamente. Denota un proceso cíclico de aprendizaje, y se rige bajo el principio de que «Los seres humanos no podemos evitar atribuir significado a nuestras percepciones del mundo, significados que constituyen interpretaciones del mundo que pueden considerarse como derivadas de un conocimiento basado en su experiencia... tales interpretaciones informan sobre el propósito que se traducen en acciones intencionales, éstas buscan mejorar las situaciones y pueden ser percibidas de distintas formas –de poco menos que perfectas hasta desastrosas ...Cuando se lleva a cabo una acción se puede cambiar el modo cómo interpretamos y experimentamos el mundo, es decir, surge una nueva interpretación, que se da por el ciclo de aprendizaje que se ha desarrollado».



<sup>1</sup> Checkland, “Pensamiento de Sistemas, practica de Sistemas”, México, Limusa, p. 256.

## 6. Referencias.

- Knemeyer y Murphy, "Evaluating the Performance of Third Party Logistics Arrangements: A Relationship Marketing Perspective" en *Journal of Supply Chain Management*, 40 (1) 2004, p. 35-51.
- Lonsdale, "Locked-in to Supplier Dominance: on the Dangers of Asset Specificity for the Outsourcing Decision" en *Journal of Supply Chain Management*, 37 (2) 2001, p. 22-27.
- McIvor, "A Practical Framework for Understanding the Outsourcing Process" en *Supply Chain Management: An International Journal*, 5 (1) 2000, p. 22-36.
- Lambert, Emmelhainz y Gardner, "Building Successful Logistics Partnerships" en *Journal of Business Logistics*, 20 (1) 1999, p. 165-181.
- Moore, "Trust and Relationship Commitment in Logistics Alliances: A buyer Perspective" en *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 34 (1) 1998, p. 24-37.
- Dyer y Singh, "The relational View: Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage" en *The Academy of Management Review*, 23 (4) 1998, p. 660-679.
- Monczka, Callahan y Nichols, "Predictors of Relationships Among Buying and Supplying Firms" en *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 25 (10) 1995, p. 45-59.
- Kolay, "Suppliers Asset Base-appreciating or Depreciating?" en *International Journal of Operations and Production Management*, 13 (8) 1993, p. 72-86.
- Sánchez Guerrero, *Técnicas Participativas para la Planeación*, México, Fundación ICA 2003, p. 167-195.
- Brans y Mareschal et, "PROMCALC & GAIA: A new decision support system for multicriteria decision aid" en *Decision Support Systems*, 12 1994, p. 297-310.
- Brans, Vincke, y Mareschal, "How to Select and How Rank Projects: The PROMETHEE Methods" en *European Journal of Operational Research*, Vol. (24) 1986, p. 228-238.
- Benayouon R, Roy B y Sussman B, *Electre: Une Methode pour Guider le Choix en Presence de Vue Multiples*, Paris, Sema (Metra International) 1966 Direction Scientifique.
- Checkland, "*Pensamiento de Sistemas, practica de Sistemas*", México, Limusa, p. 256.