



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”  
Multidisciplinario  
21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

## PROGRAMACIÓN MULTICRITERIO PARA LA DECISIÓN ENTRE PROVEEDORES - CASO DE ESTUDIO GAS IMPERIAL

M. en C. Leopoldo Viveros Rosas [lviveros@hotmail.com](mailto:lviveros@hotmail.com)  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO

Ing. Arturo Velázquez Yáñez [arturovelazquez1979@yahoo.com](mailto:arturovelazquez1979@yahoo.com)  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Dr. Mario Luis Chew Hernández [mchew@tesco.edu.mx](mailto:mchew@tesco.edu.mx)  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

M. en C. Rebeca Díaz Téllez [rbkdiaz@hotmail.com](mailto:rbkdiaz@hotmail.com)  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL VALLE DE MÉXICO

### RESUMEN

En este trabajo se muestra el desarrollo de un modelo para el apoyo en la toma de decisiones referentes a la selección de proveedores, en particular se presenta el caso de estudio sobre el mantenimiento a los vehículos de reparto de una compañía comercializadora de Gas – LP. Para realizar el mantenimiento preventivo de las unidades se requiere de refacciones y suministros, los cuales son proporcionados por cuatro proveedores; se desarrolla un modelo multicriterio para que evalúe características cuantitativas y cualitativas de cada proveedor.

### ABSTRACT

In this work the development of a model for the support shown in taking decisions on the selection of suppliers. In particular the case study on the maintenance delivery vehicles a trading company LPG occurs. To perform preventive maintenance units is needed spare parts and supplies, which are provided by four



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

suppliers; a multicriteria model is developed to evaluate quantitative and qualitative characteristics of each supplier

### **PALABRAS CLAVE**

Decisiones, multicriterio, proveedores

### **I. INTRODUCCIÓN**

Para la evaluación y selección de proveedores se utilizan sistemas generalmente limitados a tres indicadores de desempeño, costo, calidad y tiempo de entrega. No obstante puede existir el interés de evaluar características cualitativas del proveedor tales como lealtad, servicios postventa, etc. Por consiguiente, seleccionar el mejor proveedor es un problema de decisión en presencia de múltiples atributos, es decir, es una decisión que tiene criterios múltiples o multicriterios, Bernard Roy (1968) fue el fundador de los métodos sobre clasificación y el primero en introducir el concepto, que nació a raíz de las dificultades encontradas para modelar ciertos problemas concretos. Para hacer frente a estos problemas desarrolló primeramente ELECTRE I. En la actualidad han sido desarrolladas varias versiones del método ELECTRE (I, II, III, IV, IS y TRI). Cuando el número de alternativas de decisión es finito, estamos hablando de una Decisión Multicriterio Discreta. Los principales Métodos de Decisión Multicriterio Discreto son: Ponderación Lineal (Scoring), Utilidad Multiatributo (MAUT), Relaciones de Superación y el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) (Toskano Hurtado 2005) [1]. Entre las diversas metodologías sujetas a investigación está el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por las siglas en inglés de Analytical Hierarchy Process), introducido y desarrollado por Saaty a finales de la década de los 70 (Saaty, 1980; 1997; 2000) [2], que es un método multicriterio discreto, el cual consiste esencialmente en formalizar la comprensión intuitiva de



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

problemas complejos utilizando una estructura jerárquica. En éste trabajo se explora el desarrollo de un modelo interactivo multicriterio que mejor se adapte al decisor y a la situación de decisión que se plantea resolver, para ello se plantea el caso de estudios de una empresa distribuidora de Gas LP, con la situación de decidir entre cuatro proveedores para los suministros del mantenimiento preventivo de las vehículos de reparto.

### II. METODO

#### a) Determinación de demanda de suministros

Se desarrolla un pronóstico de demanda por el método de suavización exponencial ya que éste método se basa en datos históricos relevantes para el pronóstico de demanda futuro.

Formulas y definiciones de variables para los pronósticos de suavización exponencial. [3]

$$F_i = F_{i-1} + \alpha (A_{i-1} - F_{i-1}) \quad (1)$$

Dónde:

- ⊙  $F_i$  = Pronóstico para el periodo  $i$ .
- ⊙  $F_{i-1}$  = Pronóstico del periodo  $i-1$ .
- ⊙  $\alpha$  = Constante de suavización, de 0 a 1.
- ⊙  $A_{i-1}$  = Demanda real del periodo  $i-1$ .

En la Tabla 1 se muestra el resultado del análisis del mantenimiento preventivo a vehículos de reparto de la empresa Gas Ideal, la cual cuenta con 67 unidades.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Tabla 1. resultado de requerimiento de mantenimiento preventivo para el año 2015.

ARTÍCULO (i)	DESCRIPCIÓN	Piezas /Unidad de medida
1	Aceite motor a gasolina clasificación 20W50	2257 litros
2	Juego de balatas traseras	291 piezas
3	Juego de balatas delanteras	315 piezas
4	Repuesto de equipo de Gas L.P.	302 piezas
5	Filtro de aire	290 piezas
6	Aceite de transmisión SAE 90	255 litros
7	Crucetas de flecha cardán	66 piezas
8	Junta de cabeza de motor	39 piezas
9	Juego de válvulas de cabeza de motor	38 piezas
10	Aceite de dirección hidráulica	835 litros
11	Anticongelante	2222 litros

Para satisfacer esta demanda se cuenta con cuatro proveedores: **Refaccionaria Franco (J<sub>1</sub>)**, **Refaccionaria Árbol (J<sub>2</sub>)**, **Refaccionaria Jaimes (J<sub>3</sub>)** y **Refaccionaria Diesel (J<sub>4</sub>)**.

b) Valores cuantitativos de decisión

En la Tabla 2 se muestran los valores cuantitativos para las variables de precio, piezas rechazadas por defectos, tiempo de entrega para cada uno de los proveedores y para cada uno de los artículos.

Tabla 2. Valores para criterios cuantitativos.

Artículo	PRECIO POR UNIDAD (PESOS) (P)				UNIDADES RECHAZAS POR DEFECTOS (r)				ARTÍCULOS NO ENTREGADOS A TIEMPO (e)			
	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4
1	75	72	74	75	60	36	36	60	36	12	24	36
2	360	355	365	362	12	12	24	12	12	12	12	12
3	520	510	515	520	12	12	12	24	24	12	12	12
4	230	225	235	225	24	12	24	12	12	12	12	12
5	180	175	185	172	12	24	12	12	24	12	24	24
6	85	90	87	90	60	36	24	12	24	12	12	24
7	160	155	162	165	12	12	12	12	12	12	12	12
8	650	645	655	647	12	24	12	12	24	12	12	24
9	1700	1650	1680	1690	12	12	24	12	12	24	12	12
10	45	48	45	51	24	12	12	12	12	24	12	12
11	40	42	39	40	60	24	72	96	72	60	24	48



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### c) Valores cualitativos de decisión

Tener clientes leales proporciona grandes beneficios adicionales a la empresa, los primeros enfoques de investigación [4], la relacionaban sólo con la satisfacción al servicio y/o el producto ofrecido. Por ende, conocer los factores que causan y/o condicionan dicho vínculo es fundamental para el negocio [5]. En la Tabla 3, se muestran los valores cualitativos para las variables de lealtad y servicio postventa. Para cuantificar estas variables se utilizó el método del cuestionario en el cual se determina el puntaje para cada proveedor de acuerdo a los datos o información obtenidos y a la ponderación realizada por el decisor [6]. Con los resultados, se agrupa a los proveedores en categorías que se emplean como base para la adjudicación de contratos o para la realización de compras. El método del cuestionario es usado para ponderar el criterio lealtad y servicio postventa. [7]

Tabla 3. Valores para criterios cualitativos.

Artículo	Servicio postventa (puntaje ponderado)				Lealtad (puntaje ponderado)			
	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4
1	14	12	15	13	38	38	35	35
2	14	14	12	14	35	35	38	38
3	15	15	14	12	38	35	30	35
4	14	14	13	13	35	35	38	30
5	15	14	15	14	35	30	33	38
6	13	15	14	14	35	38	35	33
7	14	14	13	14	35	33	35	35
8	14	15	15	13	38	33	38	33
9	14	14	14	14	35	33	38	35
10	13	15	15	14	35	33	35	35
11	15	15	14	15	33	35	35	38

### d) Desarrollo de los modelos

Se desarrollan los modelos de programación lineal para cada una de las características cuantitativas y cualitativas. Sea  $X_{ij}$  la cantidad a comprar del artículo  $i$  al proveedor  $j$ ; y sea  $d_i$  la demanda del artículo  $i$  se forman las restricciones para cada uno de los artículos como:



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 X_{ij} \geq d_i \quad (2)$$

La función objetivo de cada uno de los modelos se obtiene como la combinación lineal de los valores de decisión y cada uno de los artículos obteniendo:

Minimizar Costo  $Z = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 p_{ij} X_{ij} \quad (3)$

Minimizar Unidades defectuosas  $Z = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 r_{ij} X_{ij} \quad (4)$

Minimizar artículos no entregados  $Z = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 e_{ij} X_{ij} \quad (5)$

Maximizar valor de lealtad  $Z = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 l_{ij} X_{ij} \quad (6)$

Maximizar valor de servicios post venta  $Z = \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 s_{ij} X_{ij} \quad (7)$

**III. RESULTADOS**

En las Tablas 4 y 5 se muestra el resultado de los modelos de programación lineal propuestos en la sección anterior para las variables cuantitativas y cualitativas respectivamente.

Tabla 4. Solución para las variables cuantitativas

Artículo	PRECIO POR UNIDAD (PESOS) (P)				UNIDADES RECHAZAS POR DEFECTOS (r)				ARTÍCULOS NO ENTREGADOS A TIEMPO (e)			
	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4
Z	\$788,282				\$332,489				\$267,036			
1		2257				2257				2257		
2		291			291				291			
3		315					315		315			
4			302			302			302			
5				290				290		290		
6	255							255		255		
7		66			66				66			
8		39			39					39		
9		38			38				38			
10	835					835			835			
11			222			222					222	

De los resultados mostrados en las Tablas 4 y 5, se puede observar que no existe ninguna solución que satisfaga los cinco criterios de decisión simultáneamente. Se desarrolla un modelo de programación por metas o multiobjetivo convirtiendo



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

todas las variables de decisión en beneficios económicos, por ello, se muestran en las Tablas 6 y 7 los valores económicos de cada artículo y proveedor.

Tabla 5. Solución para las variables cualitativas

Artículo	Servicio postventa (puntaje ponderado)				Lealtad (puntaje ponderado)			
	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4
Z	<b>\$102,953</b>				<b>\$259,877</b>			
1			2257		2257			
2	291						291	
3	315				315			
4	302						302	
5	290							290
6		255				255		
7	66				66			
8		39			39			
9	38						38	
10		835			835			
11	2222							2222

Tabla 6. Valores económicos para las variables cuantitativas.

Artículo	PRECIO POR UNIDAD (PESOS) (P)				UNIDADES RECHAZAS POR DEFECTOS (r)				ARTÍCULOS NO ENTREGADOS A TIEMPO (e)			
	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4
1	75	72	74	75	72	44	44	72	44	15	29	44
2	360	355	365	362	120	120	240	120	120	120	120	120
3	520	510	515	520	120	120	120	240	120	240	120	120
4	230	225	235	225	72	36	72	36	36	36	36	36
5	180	175	185	172	48	96	48	48	96	48	96	96
6	85	90	87	90	72	44	29	15	29	15	15	29
7	160	155	162	165	36	36	36	36	36	36	36	36
8	650	645	655	647	36	72	36	36	72	36	36	72
9	1700	1650	1680	1690	36	36	72	36	36	72	36	36
10	45	48	45	51	48	24	24	24	24	48	24	24
11	40	42	39	40	120	48	144	192	144	120	48	96

Con los valores económicos mostrados en las Tablas 6 y 7 se transforma cada una de las funciones objetivo en restricciones quedando de la siguiente forma:

Meta 1. Restricción de precio  $\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 p_{ij} X_{ij} \leq \$788282$  (9)



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

$$\text{Meta 2. Restricción de calidad } \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 r_{ij} X_{ij} \leq \$332489 \quad (10)$$

$$\text{Meta 3. Restricción de entregas } \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 e_{ij} X_{ij} \leq \$267036 \quad (11)$$

$$\text{Meta 4. Restricción de lealtad } \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 l_{ij} X_{ij} \leq \$667370 \quad (12)$$

$$\text{Meta 5. Restricción de postventa } \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^4 s_{ij} X_{ij} \leq \$266173 \quad (13)$$

Tabla 7. Valores económicos para las variables cualitativas.

Artículo	Servicio postventa (puntaje ponderado)				Lealtad (puntaje ponderado)			
	J1	J2	J3	J4	J1	J2	J3	J4
1	17	15	18	16	46	46	42	42
2	120	120	90	120	350	350	380	380
3	160	160	150	130	380	350	350	350
4	54	54	54	48	105	105	114	90
5	52	48	52	48	140	120	132	132
6	16	18	17	17	42	46	42	40
7	45	45	42	45	105	99	105	105
8	36	39	39	36	114	99	114	99
9	36	36	36	36	105	99	114	105
10	32	38	38	36	70	66	70	70
11	30	30	28	30	66	70	70	76

La función objetivo del modelo permitirá disminuir las desviaciones de cada una de las metas planteadas por el decisor.

$$\text{Min } Z = \$214443 \quad (14)$$

La solución a éste modelo se muestra en la Tabla 8.

Con la solución del modelo de programación multicriterio se observan las desviaciones de la Tabla 9.

Tabla 8. Solución del modelo multicriterio.





**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Artículo	SOLUCIÓN MULTIOBJETIVO			
	J1	J2	J3	J4
1		2257		
2				291
3	315			
4		302		
5				290
6			255	
7	66			
8			39	
9				38
10			835	
11		2222		

Tabla 9. Desviaciones de la solución óptima

Criterio	Valor Óptimo	Valor multicriterio	Desviación
Precio	797423	788282	9141
Calidad	332489	332489	0
Tiempo de entrega	267036	267036	0
Lealtad	667370	667370	0
Servicio Postventa	266173	266173	0

**IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

Se puede observar que un modelo multicriterio busca las desviaciones mínimas de los objetivos planteados por la empresa Gas Ideal, siendo una herramienta que permita dar claridad en la toma de decisiones en la selección de proveedores. El modelo está diseñado para que permita la interacción entre el analista y el decisor permitiendo cambiar los criterios y los valores que se han utilizado para el caso de estudio de Gas Imperial.

Como trabajo futuro se pretende que, cuando únicamente sea una persona involucrada en la decisión, se utilice la herramienta de análisis jerárquico (AHP), para priorizar los objetivos del decisor y modelos de negociación cuando sea más de una persona o departamento involucrado en la decisión.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Toskano Hurtado, Gézar Bruno. «El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como Herramienta en la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores: Aplicación en la Selección del Proveedor para la Empresa Gráfica MYE S.R.L.» LIMA, 2005.
- [2] Saaty, Thomas L. «Como Analizar y Estructurar Jerarquías.» En *Toma de Decisiones Para Líderes. El Proceso Analítico Jerárquico en la Toma de Decisiones en un Mundo Complejo*, 43-51. Pittsburgh: RWS Publications, 1997.
- [3] Norman Gaither Greg Frazier, Administración de producción y operaciones PAG 360-361.
- [4 ] Pastor Ferrando, Juan Pascual. «Aplicación de las Técnicas AHP y ANP, de análisis multicriterio de decisiones, a la selección y ponderación de criterios en las adjudicaciones de los contratos públicos de obra.» Universidad Politécnica de Valencia, Febrero de 2007.
- [5] Sánchez López, Ramiro A. «El Análisis Multicriterio en la Práctica.» Julio de 2010. <http://analisismulticriterio.blogspot.com.es/> (último acceso: Julio de 2012).
- [6] <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1474s/a1474s11.pdf> pág. 5-7
- [7] Jorge Zamora Universidad de Talca – Chile;
- [8] Arturo Vásquez, Hacia la comprensión de la lealtad del cliente de restaurantes Caso Talca, Región del Maule – Chile, pag.2.