

**XII Congreso Internacional de la
Academia de Ciencias Administrativas A.C.
(ACACIA)**

**UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE
DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN
EN LAS ORGANIZACIONES**

Ingeniería y Gestión de Sistemas

**José Ramón Corona Armenta¹, Oscar Montaña Arango¹, Hugo Hernández
Contreras¹, Irma Ramírez Aguilar²**

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

²Instituto Tecnológico de Tepic

¹Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial

Unidad Central de Laboratorios

Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Col. Carboneras

C.P. 42184 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México

Correo electrónico: jrcorona@uaeh.edu.mx

Tel. y fax: (01 771) 71 72000, ext. 6733

Tijuana, Baja California, del 13 al 16 de Mayo de 2007.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Resumen

La innovación es considerada como un elemento esencial en el desarrollo, crecimiento y consolidación de las organizaciones, lo que hace necesario que tanto dentro como fuera de ellas se conozca si el sistema de innovación esta funcionando y de que manera lo esta haciendo. La medición de diversos procesos en las organizaciones se puede realizar a través de herramientas o metodologías de medición.

En este trabajo se presentan los resultados de un problema de medición en sistemas de innovación tecnológica, en el cual se analizaron tres diferentes formas de medir por medio de métodos multicriterio para la ayuda en la toma de decisiones (MCDA), en donde se utilizaron las metodologías denominadas Media Ponderada, Electre I y Análisis Jerárquico.

Palabras clave: métodos multicriterio, medición, innovación tecnológica, comparación, sistema

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

ANTECEDENTES

La necesidad de medir en las empresas

El desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios, se convierte en un concepto vital de la economía moderna, en donde las organizaciones intentan ganar segmentos del mercado. La promoción de la innovación se puede considerar como fuente que moviliza la economía. Es en este impulso para el desarrollo de la innovación en las empresas en donde se deben tomar decisiones para determinar el suministro de los medios económicos, financieros, técnicos o de otra índole.

Así, se plantea la necesidad de medir los sistemas de innovación en las organizaciones para contar con los elementos apropiados que nos permitan distinguir entre las capacidades de diversas organizaciones. La idea básica es utilizar técnicas MCDA para medir el sistema de innovación de las organizaciones.

La interrogante a resolver es: ¿Es posible realizar la medición del sistema de innovación de una organización a través de técnicas de agregación multicriterio?

El sistema de innovación de una organización, cuenta con diferentes elementos que la integran, estos elementos se pueden incorporar en un indicador mediante las técnicas de agregación multicriterio, y a su vez este indicador es una evaluación que permite realizar comparaciones con otros sistemas.

Ahora bien, este trabajo presenta los resultados en la aplicación de diferentes técnicas MCDA utilizadas para medir los sistemas de innovación en cuanto a la innovación potencial del mismo, la cual definimos como la existencia de los elementos del sistema de innovación dentro de la organización.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

1. MEDIR

Medir se encuentra en todo, es parte necesaria de la vida del ser humano. Es un hecho que el tiempo de medir en el trabajo de una persona es una ventaja que debería ser usada (SYDENHAM, 2003).

Existe una gran variedad de definiciones del termino “medir” que depende del enfoque, requerimiento o necesidad a cubrir por el momento. En general los especialistas en la materia encuentran dificultades para tratar de uniformizar criterios en busca de una definición en común que contemple los diferentes aspectos para poder realizar la medición (FERRIS, 2004).

El proceso de globalización obliga a buscar nuevas definiciones que permitan abordar los problemas desde un punto de vista más objetivo para generar herramientas de medición, ya que en algunos casos es prácticamente imposible hacerlo de manera directa, por lo que se recurrirá a la medición de las manifestaciones adyacentes que son observables, y por tanto, cuantificables.

Un indicador es una medida referida a la cantidad o magnitud de un conjunto de parámetros o atributos de un sistema. Permite ubicar o clasificar las unidades de análisis, en nuestro caso organizaciones, con respecto al conjunto de variables o atributos que se están analizando.

1.1 La medición de la innovación en las empresas

En el caso de las empresas, la medición de la innovación se ha realizado con la utilización de indicadores financieros, sin embargo, estos resultados a futuro a menudo son mejor evaluados por indicadores no financieros (MAVRINAC, 1999).

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

La medición y la evaluación de la eficacia técnica y económica de los procesos productivos son fundamentales para establecer los aspectos económicos y financieros, y proseguir la actividad productiva de acuerdo a su planeación inicial, o en su caso llevar a cabo las modificaciones necesarias (BARBIROLI , 1996).

El número de las patentes y estudios sobre la innovación realizadas en empresas ya se utilizan para medir los cambios tecnológicos (ARCHIBUGI, 1996), así mismo la utilización de información sobre los cambios de los productos de menos de cinco años en el volumen de negocios se considera como una medida complementaria a las patentes (CREPON, 2000).

Griffin y Page desarrollaron y propusieron una serie de indicadores para medir el éxito y el fracaso en el desarrollo del "nuevo producto". Trabajan con cuatro aspectos de la dirección de las empresas: la estrategia de proyecto, la estrategia de los asuntos, las medidas en el proyecto, y las medidas en la empresa (GRIFFIN, 1996).

Otras metodologías propuestas utilizan una serie de medidas de acuerdo con las tendencias de las empresas para utilizar indicadores, según sus horizontes de planeación (HULTIK, 1995).

El Manual de Oslo propone los principios directores de los indicadores de innovación entre los países miembros de la OCDE, midiendo actividades científicas y tecnológicas, sin embargo, su utilización es en el ámbito macroeconómico, ya que evalúa los sistemas nacionales de innovación (OCDE, 1996).

Sabemos que la medición de los procesos debe ayudarnos a:

- Determinar el grado de desarrollo de una organización
- Encontrar sus partes problemáticas

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

- Comparar las empresas entre ellas
- Analizar, ver, y anticipar el comportamiento temporal de una empresa

Para medir la innovación potencial del Sistema de Innovación de la Organización (CORONA, 2005a) se hizo a través de las prácticas fundamentales de la innovación (BOLY, 2004) utilizando metodologías MCDA.

2. MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA)

Estos métodos o técnicas son auxiliares en la elección entre un gran número de opciones, proponiendo una clasificación que tiene en cuenta sus preferencias. Esta operación se efectúa en 2 fases.

Las alternativas son, por ejemplo, las condiciones de operación de un método. Los criterios (u objetivos) son las propiedades o calidades deseadas del producto fabricado, la rentabilidad económica, el impacto medioambiental o empresarial.

La optimización multicriterio de un proceso permite saber lo que es necesario hacer. Es la fase objetiva del análisis multicriterio (1ra fase). La información obtenida así puede ser sorprendente para un industrial, o puede conducirlo a modificar sus preferencias. Una alternativa domina a la otra, en el sentido de Pareto, si es mejor para todos los criterios (en realidad si es mejor o igual para todos, pero estrictamente mejor para un criterio al menos).

El conjunto de las alternativas no dominadas (compromiso) es la zona de Pareto. Su imagen en el espacio de los criterios es el frente de Pareto. La zona de Pareto está en general formada por un infinito de puntos (alternativas), por lo que requiere, con fines de tratamiento informático, de hacer un muestreo. La herramienta de optimización utilizada por ello es un algoritmo genético que evoluciona al minimizar el número de

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

veces en dónde cada alternativa se encuentra por la población observada. Este tipo de optimizador es capaz de minimizar una función de variables mixtas (enteros y reales) en grados múltiples, no continuos o no derivables.

El conjunto de los compromisos generados por el máximo aprovechamiento multicriterio es generalmente demasiado grande para que un industrial pueda elegir. Es necesario clasificar los compromisos con ayuda de un modelo de decisión humana (2da fase). Este modelo debe ajustarse a las preferencias del responsable, es la fase subjetiva en la que propone lo que prefiere. Es el análisis multicriterio que está incluido en la Ingeniería de Toma de Decisiones, y que representa la columna vertebral de los métodos de Ayuda para la Decisión.

2.1 La Teoría de Medición y los Métodos Multicriterio de Ayuda para la Toma de Decisiones

La teoría de la medición indica que es posible representar algunos tipos de información determinados con relación a algunos fenómenos, a través de un conjunto de valores numéricos que los representan. Las distintas definiciones "... de medición sugieren que los números asociados deben corresponder a, o representar, o preservar algunas relaciones observadas..." (MARTEL, 2002).

Y si consideramos que "... en ayuda para decisiones, un criterio conduce a asignar a las acciones potenciales un resultado sobre una determinada escala. Esta representación tiene por objeto tener en cuenta un sistema de preferencias vinculado a una opinión dada. Cuando se ha hecho intervenir varias opiniones, el procedimiento de agregación multicriterio (PAMC) tiene por objeto construir un sistema de preferencias global que tienen en cuenta todas las opiniones." (MARTEL, 2002).

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Podemos decir que es posible medir a través del MCDA, de manera general, es posible clasificar los Métodos Multicriterio de Ayuda para la Toma de Decisiones en dos grandes categorías de agregación:

1. Total
2. Parcial

2.1.1 Agregación total

Los métodos de agregación total buscan una función de utilidad en la cual sea posible medir la utilidad total de la acción potencial. Estos métodos establecen una función-criterio para llegar a una agregación final monocriterio (SCHÄRLIG, 1985). El conocimiento de los valores de cada función objetivo f_i para una alternativa dada x permite el cálculo de una nota (resultado) intrínseca para cada alternativa independientemente de los otros

$$F(\text{score}(x)) = \sum_i w_i G_i(f_i(x)) \quad \dots(1)$$

Donde para el i -ésimo criterio

G_i es la función de utilidad ($0 < G_i < 1 \quad \forall x$)

F es la función del resultado (score)

w_i es el peso (normalizado: suma de todos los pesos = 1)

Técnicas compensatorias. Una técnica es compensatoria si un valor “malo” de un criterio puede ser compensado con un valor “bueno” de otro (principio de los vasos comunicantes), como en el caso que se describe a continuación.

Media ponderada (WA - Weighted Averaging). En esta técnica, los pesos son constantes dados a priori y de manera única a cada criterio, en el marco de la teoría de la utilidad multiatributo. Aquí, el responsable determina que criterios son más o menos

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

importantes que los otros. Esta importancia relativa de cada criterio es caracterizada por un parámetro llamado "peso" (POMEROL, 1993).

Técnicas no compensatorias. Toda técnica que no permite la compensación proporcional se denomina como "no compensatoria"

Media ponderada ordenada (OWA - Ordered Weighted Averaging) La ecuación mencionada es siempre verdadera, pero los pesos no se otorgan a un criterio dado. Los pesos son jerarquizados (se numeran 1, 2, 3...) y, para cada alternativa, independientemente uno de los otros, se destina el peso w_1 a la mayor utilidad (después de clasificación de las utilidades de x), el peso 2 se destina al segundo, etc... Así, cada alternativa tiene su propio juego de peso, y si el valor de sus criterios cambia su juego de pesos también puede cambiar (lo que hace no compensatorio este método).

2.1.2 Agregación parcial

El valor (score) asignado a cada alternativa no puede ser independiente de las otras alternativas. Se compara cada alternativa con todas las demás con el fin de determinar que alternativa domina a que otra alternativa. De la misma forma que para la agregación total, es posible observar la agregación parcial de dos maneras: compensatoria o no compensatoria.

Técnicas compensatorias. Podemos encontrar bajo esta denominación "... un conjunto de procedimientos de evaluación de los pesos basados en el cálculo del vector propio (o "eigenvector") del más grande módulo de una matriz de comparaciones binarias entre los criterios..." (POMEROL, 1993). Como parte de este tipo de técnica, se puede mencionar el Método de Análisis Jerárquico (AHP - Analytic Hierarchic Processes).

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

AHP. Sus características más importantes son, en primer lugar, la estructuración del problema como una arborescencia jerarquizada, y en segundo lugar, el funcionamiento en "... comparaciones binarias, tanto entre los criterios para estimar los pesos deseados por el responsable, que para las acciones, con el fin de obtener las evaluaciones de cada acción relativa a cada criterio..." (POMEROL, 1993).

Técnicas no compensatorias. Se trata de comparaciones sistemáticas de las acciones, criterio por criterio. En este tipo de técnica se pueden clasificar Electre, Promethee, Balances de Flujo y Conjuntos Rugosos.

ELECTRE. El conjunto de las relaciones binarias de dominio conduce a un Sistema de Relaciones de Preferencias que puede ser imaginado por un grafo orientado (x mejor que y, y mejor que z...) el análisis de este grafo permite reunir las alternativas en clases de equivalencia (de los mejores a los menos buenos, una clase puede no contener más que una única alternativa).

3. LA UTILIZACIÓN DE MCDA PARA LA MEDICIÓN DE LA INNOVACIÓN POTENCIAL EN LAS ORGANIZACIONES

Para proporcionar un indicador de la innovación potencial de las empresas partimos del postulado que existen, como para todo proceso, características de la innovación susceptibles de ser identificadas y descritas pero que no son mensurables, en este caso las trece prácticas fundamentales de la innovación (BOLY, 2004). Sin embargo, esas prácticas se pueden dividir en varias subcaracterísticas (indicadores observables e irrefutables), cada una de las cuales pueden también ser fraccionadas de manera independiente, y así de manera continua, hasta determinar el elemento mínimo observable, es decir, se utiliza una forma de desarrollo por arborescencia. Esas

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

subprácticas tienen una característica mensurable. Desde el punto de vista de la innovación, se tiene:

$$I \supset P; P \supset Q; Q \supset R \Rightarrow I \supset P \supset Q \supset R$$

Donde:

I es la innovación en general (resultado y proceso)

P son las prácticas de la innovación

Q son las subcaracterísticas de P

R son las subcaracterísticas de Q

Para esta fase de la investigación se decidió considerar sólo el 1er y el 2do nivel de estudio, es decir una práctica y sus subcaracterísticas asociadas.

Para la elaboración del índice se utilizó la función de utilidad (1)

3.1 Definición de criterios (prácticas de la innovación)

Las prácticas se pueden dividir en varias subcaracterísticas, las cuales son los indicadores observables y mensurables. Consideremos que por cada práctica i existe un número j de indicadores por determinar, y si cada indicador tiene un valor entre 0 y 1 inclusive (donde 0 indica que la variable no existe y 1 indica el valor máximo que puede tener la variable), con las consideraciones siguientes:

- para cada una de las prácticas fundamentales de la innovación existe un grado de desarrollo p_i de cada una de las características observables
- existe un valor dado q_{ij} de cada criterio mensurable (o subpráctica), asociado a una práctica p_i
- cada valor dado q_{ij} tiene un elemento de diferenciación que depende de su importancia v_{ij} (el "peso")

El criterio p_i se determina por:

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

$$p_i(x) = \sum_{j=1}^{m_j} v_{ij} q_{ij}(x)$$

Donde:

p_i es el grado de desarrollo de la práctica i para la empresa x , en la cual $0 \leq p_i \leq P_i$

$\forall p_i \in R$

q_{ij} es el valor dado a la variable j $[0,1]$

v_{ij} es el peso determinado en función de la importancia de la variable q_{ij}

m_j es el número de variables asociadas para la práctica i

j es el número de la variable

PRÁCTICAS DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA		PREGUNTAS	PESO
1	Concepción (diseño)	20	38
2	Gestión de Proyectos	11	3
3	Estrategia Integrada	12	20
4	Gestión del Portafolio de Proyecto	8	1
5	Organización de Tareas ligadas a la Innovación	7	10
6	Retroacción sobre los Procesos de Innovación	5	2
7	Asegurar las Competencias Necesarias	5	1
8	Apoyo a la Innovación	6	2
9	Memorización del Saber-Hacer	3	4
10	Vigilancia Tecnológica	15	2
11	Funcionamiento en Redes	18	2
12	Aprendizaje Colectivo	6	5
13	Capitalización de Ideas y Conceptos	14	10
Σ		130	100

Tabla 1. Las prácticas de la innovación tecnológica, número de preguntas y pesos asociados

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

La Tabla 1 asocia a cada práctica una serie de preguntas y un peso dado por un panel de expertos en la materia. El número total de preguntas fue de 130, sin embargo el número de preguntas es variable de una práctica a otra.

	PRÁCTICA	P	W	VALOR DE RESPUESTAS DE CADA EMPRESA									
				E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10
1	Concepción	20	38	10	16	4	3	7	15	3	16	10	9
2	Gestión de Proyectos	11	3	9	9	0	4	10	7	2	6	7	7
3	Estrategia Integrada	12	20	7	4	0	8	5	6	6	4	4	3
4	Portafolio de Proyecto	8	1	4	5	0	3	1	7	4	4	3	3
5	Organización de Tareas	7	10	4	6	0	0	5	7	4	4	6	4
6	Retroacción	5	2	2	2	0	0	2	3	1	5	1	1
7	Competencias	5	1	2	5	2	3	4	3	1	3	2	2
8	Apoyo a la Innovación	6	2	3	3	0	3	0	6	0	5	0	1
9	Memorización	3	4	0	2	0	0	1	2	0	2	1	1
10	Vigilancia Tecnológica	15	2	11	7	0	6	2	4	3	2	1	5
11	Redes	18	2	7	15	0	4	11	13	8	14	0	9
12	Aprendizaje Colectivo	6	5	2	5	0	1	1	3	1	0	1	1
13	Capitalización de Ideas	14	10	7	7	3	6	2	8	1	9	2	2
		130	100	68	86	9	41	51	84	34	74	38	48

Tabla 2a. Valor de las respuestas dadas por las empresas 1 a 10

3.2 Aplicación práctica.

Se desea determinar la capacidad de la innovación potencial que tiene un grupo de 20 empresas, y con base en ello poder ordenarlas de mayor a menor. Para determinar los elementos a comparar se utilizan las trece prácticas fundamentales de la innovación. Los datos obtenidos son mostrados en las Tablas 2a y 2b.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

	PRÁCTICA	P	W	VALOR DE RESPUESTAS DE CADA EMPRESA									
				E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
1	Concepción	20	38	4	17	13	15	12	8	9	15	10	8
2	Gestión de Proyectos	11	3	4	11	7	8	5	4	2	6	7	5
3	Estrategia Integrada	12	20	4	4	9	8	3	4	4	9	6	2
4	Portafolio de Proyecto	8	1	3	7	6	1	6	4	4	5	6	6
5	Organización de Tareas	7	10	3	7	6	7	4	1	4	5	5	3
6	Retroacción	5	2	0	3	4	3	2	2	0	4	2	1
7	Competencias	5	1	2	5	2	4	2	2	2	4	3	3
8	Apoyo a la Innovación	6	2	2	6	1	4	0	2	0	5	4	4
9	Memorización	3	4	1	2	1	0	0	1	0	2	2	2
10	Vigilancia Tecnológica	15	2	9	0	8	8	5	6	2	11	8	8
11	Redes	18	2	2	14	12	11	14	10	5	16	13	9
12	Aprendizaje Colectivo	6	5	2	4	2	0	0	3	2	4	3	2
13	Capitalización de Ideas	14	10	2	3	5	7	4	3	3	10	6	6
		130	100	38	83	76	76	57	50	37	96	75	59

Tabla 2b. Valor de las respuestas dadas por las empresas 11 a 20

3.2.1 Primer Método: Media Ponderada

Para la obtención del valor del desarrollo de la capacidad (o potencial) para innovar, que llamaremos IIP (CORONA, 2005^a), se basará en una estructura de una técnica compensatoria de agregación total, en este caso la Media Ponderada, que por lo pronto y para el nivel de referencia es aplicable. Aquí, proponemos integrar el conjunto de las prácticas en una ecuación única. Pero, si consideramos también que cada una de las prácticas tiene una diferente importancia, es decir cada una entre ellas tiene un valor distinto, que se nombrará también "peso" como (1) y que tendremos como:

$$IIP = \sum_i^n w_i G_i(p_i)$$

Donde:

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

IIP es el valor del potencial de innovación de una empresa, donde cual $0 \leq IIP \leq 1$

$$\forall IIP \in R$$

p_i es el grado de desarrollo de la práctica i ($p_i \in [0, P_i]$),

w_i es el peso determinado en función de la importancia de la práctica p_i

n es el número de prácticas fundamentales del pilotaje de la innovación

i es el número de la práctica

Con las funciones de utilidad asociadas a cada práctica:

$$G_i(p_i) = \frac{p_i}{P_i}$$

Al aplicar el método, los resultados se muestran en la Tabla 3

RESULTADOS DE LA MEDIA PONDERADA									
E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10
0.504	0.660	0.101	0.285	0.383	0.679	0.259	0.601	0.411	0.365
E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
0.269	0.667	0.622	0.648	0.419	0.346	0.356	0.734	0.535	0.380

Tabla 3. Valor de la innovación potencial de las empresas a través de la Media Ponderada

RESULTADOS DE LA JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA									
E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10
0.057	0.073	0.013	0.036	0.037	0.076	0.029	0.064	0.040	0.035
E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
0.026	0.066	0.067	0.070	0.046	0.036	0.037	0.085	0.062	0.044

Tabla 4. Valor de la innovación potencial de las empresas a través de la Jerarquización Analítica.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

3.2.2 Segundo Caso: Jerarquización Analítica

Este método está clasificado como una técnica compensatoria de agregación parcial, fue desarrollada por el Dr. Thomas Saaty (SÁNCHEZ, 2003), el AHP es una herramienta para apoyar la toma de decisiones, a través de ponderar prioridades cuando se tienen que considerar aspectos tanto cuantitativos como cualitativos en una decisión.

Se tomaron los datos generados por el primer método, como son las prácticas de la innovación, los elementos a medir, así como los pesos dados, entre otros. La aplicación del método se muestra en la Tabla 4.

3.2.3 Tercer Método: Electre I

Esta es una técnica no compensatoria de agregación total, utiliza la Paradoja de Condorcet y fue desarrollado por Bernard Roy (SÁNCHEZ, 2003), trabaja con relaciones de superación en las que a cada par de acciones se asocia un índice de concordancia y un índice 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

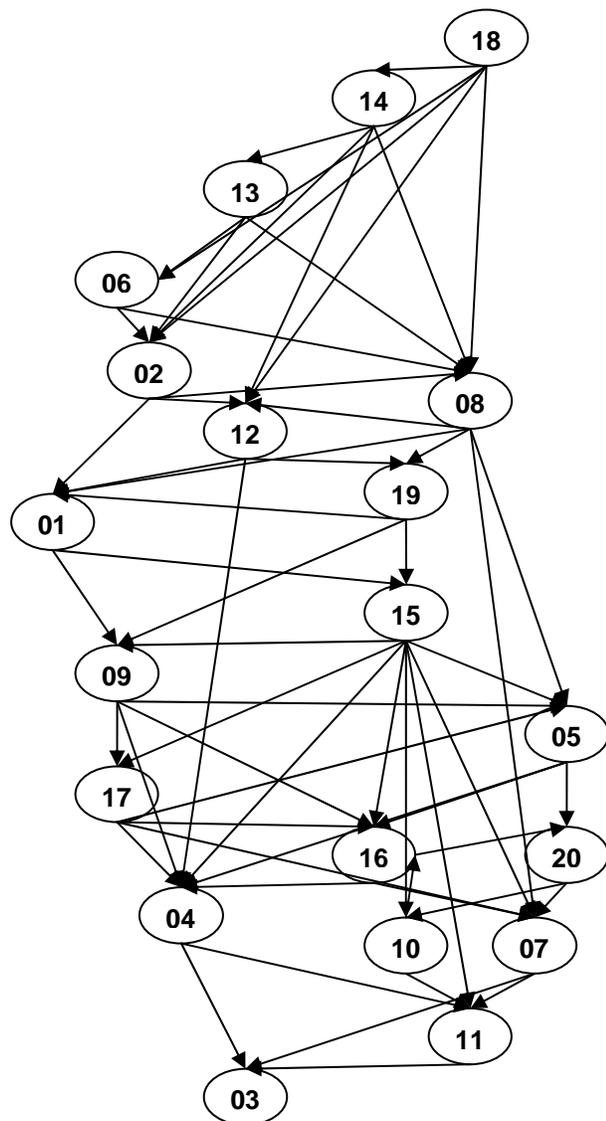


Figura 1. Grafos determinados por medio de Electre I

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

por el decisor. Al igual que Jerarquización Analítica, utiliza la información generada por la Media Ponderada. La Figura 1 muestra uno de los grafos obtenidos de la aplicación del método Electre (específicamente Electre I), con valores de concordancia $C=0.3$ y discordancia $D=0.8$

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cada uno de los métodos utiliza parámetros diferentes. La Tabla 5 muestra el resultado de la jerarquización de la innovación potencial de las diversas empresas, obtenida a través de las diferentes metodologías utilizadas, colocándolas de acuerdo con la posición obtenida.

JERARQUIZACIÓN DE LAS EMPRESAS										
Posición										
Método	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a
Media Ponderada	E18	E06	E12	E02	E14	E13	E08	E19	E01	E15
AHP	E18	E06	E02	E14	E13	E12	E08	E19	E01	E15
ELECTRE 1	E18	E14	E13	E06	E02	E08	E12	E19	E01	E15
Posición										
Método	11 ^a	12 ^a	13 ^a	14 ^a	15 ^a	16 ^a	17 ^a	18 ^a	19 ^a	20 ^a
Media Ponderada	E09	E05	E20	E10	E17	E16	E04	E11	E07	E03
AHP	E20	E09	E05	E17	E04	E16	E10	E07	E11	E03
ELECTRE 1	E09	E17	E05	E20	E10	E16	E07	E04	E11	E03

Tabla 5. Jerarquización de la innovación potencial de las empresas a través de diferentes métodos

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Se observa que en algunos casos, las posiciones para los resultados en las tres metodologías son iguales, como son la empresa 18 en 1ª posición, las empresas 19, 01 y 15 en 8ª, 9ª y 10ª, y las empresas 16 y 03 en 16ª y 20ª posición respectivamente.

En el caso de Electre I, el resultado arrojado se percibe mejor con los grafos dados por las matrices de concordancia y discordancia que permiten dar una jerarquización, en algunas ocasiones difícilmente observables, pero que finalmente otorga un posicionamiento para cada una de las empresas analizadas.

Estos resultados varían de acuerdo a las condiciones iniciales dadas por el peso para cada una de las prácticas de la innovación, es decir, en el caso presentado el vector de pesos se diseñó para condiciones generales, pero, ¿Qué pasaría si esas condiciones generales cambian? Los resultados serían diferentes. De hecho se pretende determinar un vector de peso con base en las características particulares de medición que por sector, subsector, grupo, región, localidad, etc. sea requerido. Así mismo, el vector de preguntas puede modificarse por las mismas razones que llevan a modificar el vector de peso, elaborando una mayor ó menor cantidad de ítems de acuerdo con sus necesidades.

La utilización de los resultados obtenidos para cada método presenta ventajas y desventajas:

- Si se pretende que la información obtenida conjugue la información de todas las organizaciones y arroje un sólo indicador, la mejor opción sería AHP
- Si se busca conjugar la información de las organizaciones y que se establezcan relaciones de preferencia, el método mejor posicionado es Electre I
- Si lo que se busca es que la información sea individualizada y que se arroje un sólo indicador, la Media Ponderada (IIP) es la mejor elección.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Los resultados presentan elementos que al ordenarlos se encuentran en la misma posición jerárquica (E18, E19, E01, E15, E16 y E03), en otros casos sólo dos de los tres métodos se encuentran en la misma posición (E06, E08, E09, E05 y E11), pero tenemos que hay bloques de organizaciones que se encuentran entre los elementos con la misma posición jerárquica, aunque en un orden diferente, es decir entre los elementos E18 y E19 se encuentra un conjunto compuesto por E06, E12, E02, E14, E13 y E08, entre E15 y E16 el grupo esta formado por E09, E05, E20, E10 y E17, y finalmente entre E16 y E03 se encuentran E04, E11 y E07, todos estas agrupaciones se presentan al comparar los resultados de las 3 metodologías. Para poder contar con mayor información al respecto es necesario ampliar la investigación con un mayor número de organizaciones para estar en condiciones de determinar si fueron casuales o no los resultados obtenidos debido a la muestra observada.

CONCLUSIONES

Este trabajo nos permite analizar los resultados obtenidos a través de diferentes metodologías MCDA para medir la innovación potencial en algunas empresas. Es decir, se puede obtener un indicador numérico o visual que nos permite medir el sistema de innovación en las organizaciones.

De acuerdo con lo que se busca lograr con la investigación, así como con la prospectiva de la misma, se considera que la Media Ponderada, transformada en el indicador denominado Índice de Innovación Potencial (IIP), es el que presenta las mejores expectativas de utilización, ya que permite:

- la evaluación individualizada e independiente de la organización, sin involucrar a otras organizaciones,
- tiene mayor facilidad para comprenderse y calcularse, y
- permite que la misma empresa, organismo o institución realice su medición de forma constante.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

BIBLIOGRAFÍA

- Archibugi, Daniele, y Mario Pianta (1996). **Measuring technological change through patents and innovations surveys**. Technovation 16, 451-468
- Barbiroli, Giancarlo (1996). **New indicators for measuring the manifold aspects of technical and economic efficiency of production processes and technologies**. Technovation 16, 341-356
- Boly, Vincent (2004) **Ingénierie de l'innovation organisation et méthodologies des entreprises innovantes**. Ed. Hermes Science Publications - Lavoisier, Paris, Francia
- Bougrain, Frédéric (1999). **Le processus d'innovation dans les PME**. Revue Française de Gestion 124, 51-65
- Carlsson, Bo ; Jacobsson, Staffan ; Holmen, Magnus y Annika Rickne (2002). **Innovation systems : analytical and methodological issues**. Research Policy 31, 233-245
- Corona Armenta, José Ramón (2007) **Medir el Sistema de Innovación de una Organización a Través del Índice de Innovación Potencial**. XI Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas. Tlaquepaque, México
- Corona Armenta, José Ramón (2005a) **Innovation et Metrologie : une approche en terme d'indice d'innovation potentielle**. Tesis de doctorado. Institut Nationale Polytechnique de Lorraine. Nancy, Francia
- Corona Armenta, José Ramón; Morel-Guimaraes Laure y Vincent Boly (2005b) **A methodology to measure the innovation processes capacity in enterprises**. IAMOT 14th International Conference on Management of Technology. Vienna, Austria
- Corona Armenta, José Ramón y Vincent Boly (2003) **Métrologie et systèmes d'innovation**. 10ème Seminaire CONFERE Innovation et Conception des Produits. Belfort, Francia

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

- Crepon, Bruno; Duguet, Emmanuel y Jacques Mairesse (2000) **Mesurer le rendement de l'innovation**. Economie et Statistique 334, 65-78
- Escorsa Castells, Pere y Jaume Valls Pasola (2001) **Tecnología e innovación en la empresa, dirección y gestión**. Ed. Alfaomega. Bogotá, Colombia
- Griffin, Abbie y Albert L. Page (1996). **PDMA success measurement project: recommended measures for product development success and failure**. Journal of Product Innovation Management 13, 478-496
- Himbert, M. (1998) **La métrologie: une langage universel pour les sciences et techniques**. Récents Progrès en Génie des Procédés 60, no. 12, pp. 15-23
- Hultink, Erik Jan; y Henry S. J. Robben (1995). **Measuring new product success: the difference that time perspective makes**. Journal of Product Innovation Management 12, 392-405
- Le Bas, Christian e Isabelle Géniaux (1995). **Le management des relations technologiques et les PME**. Economies et Sociétés XXIX. Reimpreso en Problèmes Economiques 2.447, 9-16
- Mavrillac, Sarah y G. Anthony Siesfeld (1999) **Mesurer l'immatériel: une entreprise délicate**. Problèmes Economiques 2.629, 4-9
- Martel, Jean Marc y Bernard Roy (2002) **Analyse de la signifiante de diverses procédures d'agrégation multicritère**. Annales du LAMSADE 1, Université Paris-Dauphine, Paris, Francia
- Morel, Laure; Guidat, Claudine y Valerie Rault-Jacquot (1998) **Nature et questions de métrologie en sciences de l'innovation**. Récents Progrès en Génie des Procédés 60, no. 12, 1998, pp. 53-62
- Morin, Jacques y Richard Seurat (1989). **Le management des ressources technologiques**. Collection Audit. Les Editions d'Organisation, Paris, Francia.
- Nelson, Richard R. y Katherine Nelson (2002). **Technology, institutions, and innovation systems**. Research Policy 31, 265-272
- OCDE (1996). **Manuel d'Oslo**. Paris, Francia.

UTILIZACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES (MCDA) PARA LA MEDICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

- Pomerol, Jean_Charles y Sergio Barba-Romero (1993) **Choix multicritère dans l'entreprise: principe et pratique**. Collection Informatique. Ed. Hermes, Paris, Francia
- Raider, Holly J. (1998). **Market structure and innovation**. Social Science Research 27, 1-21
- Sánchez Guerrero, Gabriel de las Nieves (2003) **Técnicas participativas para la planeación**. Ediciones FICA. México, México.
- Schärlig, Alain (1985), **Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère**. Collection Diriger l'entreprise 1. Ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suiza
- Smits, Ruud (2002). **Innovation studies in the 21st century : questions from a user's perspective**. Technological Forecasting & Social Change 69, 861-883
- Tuominen, Markku; Piippo, Petteri; Ichimura, Takaya y Yoshio Matsumoto (1999). **An analysis of innovation management systems' characteristics**. International Journal of Production Economics 60-61, 95-101