



SELECCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS: UN ANÁLISIS MULTICRITERIO INNOVADOR

SELECTION OF BUSINESS INTELLIGENCE PLATFORM: AN INNOVATIVE
MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Recibido: 16/10/2012

Aprobado: 09/11/2012

Rosa Janeth Rodríguez

Maestría en Ingeniería Industrial. Consultora empresarial, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
Correo electrónico: rjrodriguez@unal.edu.co

Félix Antonio Cortés Aldana

Doctor en Proyectos de Ingeniería e Innovación. Profesor asociado, Facultad de
Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Miembro del grupo
de investigación ALGOS.

Correo electrónico: facortesa@unal.edu.co

SELECCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS: UN ANÁLISIS MULTICRITERIO INNOVADOR

Resumen

Seleccionar una plataforma de inteligencia de negocios es un proceso complejo caracterizado por enormes expectativas desde el punto de vista tecnológico, financiero y de calidad cuando se toma la decisión de manera acertada, así como por los riesgos y aspectos negativos que conllevaría si es tomada en forma errónea. Este trabajo muestra cómo se abordó un problema multicriterio del mundo real, planteado en una organización en la cual las directivas identificaron la necesidad de un proyecto para garantizar un gobierno de la información eficiente y efectivo. En una fase del proyecto se ha tenido que seleccionar –entre cuatro diferentes opciones que hay en Colombia– la plataforma de inteligencia de negocios que se ajuste a los requerimientos de la organización y apoye la implementación de un sistema de información gerencial. Para adoptar esta decisión se hace uso del Análisis de Decisiones Multicriterio. Una vez identificados los criterios de decisión, se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico para ponderarlos, la matriz de decisión para consolidar los datos asociados a los criterios y a las alternativas, y dos técnicas de normalización para ponderar los datos de la matriz de decisión y obtener los puntajes asociados a cada alternativa. En todo el proceso de decisión se ha considerado la opinión de diferentes expertos en el tema. Los resultados muestran cómo una evolución en el concepto de la innovación, en el proceso de toma de decisiones, puede ser utilizado para proponer nuevas metodologías asociadas a la toma de decisiones en las organizaciones colombianas.

Palabras clave

Análisis de Decisiones Multicriterio
Plataforma de negocios
Selección
Matriz de decisión
Proceso Analítico Jerárquico
Innovación en procesos.

Clasificación JEL: O31; L86; C44.

SELECTION OF BUSINESS INTELLIGENCE PLATFORM: AN INNOVATIVE MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Abstract

Selecting a Business Intelligence Platform is a complex process characterized by making the right decisions considering the expectations from the quality, technological and financial viewpoints, and the risks and negative aspects that implies the wrong decision. This paper shows how a real multi-criteria problem was analyzed in an organization whose executive officers identified the need to have a project that guarantees the governmental institutions with efficient and effective information. In one stage of the project, a Business Intelligence Platform was selected from four different existing options in Colombia. This platform adjusts the organization requirements and supports the implementation of a management information system. In order to adopt this decision, a Multi-criteria Decision Analysis was used. Once the criteria was chosen, the Analytic Hierarchy Process was used to adjust them, and the decision matrix consolidated the data associated to the criteria and alternatives, after that two normalization techniques were utilized to adjust the data of the decision matrix and, as a result, the measurement associated to each alternative was obtained. In the entire decision process, opinions from different experts on the topic were taken into account. The results show how there is an evolution in the innovation concept and decision-making process, which could be utilized to propose new methodologies associated to the decision-making process in Colombian organizations.

Key Words

Multi-criteria Decision Analysis
Business Platform
Selection
Decision Matrix
Analytic Hierarchy Process
Innovation Process.

Introducción

El Análisis de Decisiones Multicriterio (MCDA, *Multiple-criteria Decision Analysis*) es una división de la Investigación de Operaciones (IO) que se ha convertido en un campo importante y de rápido crecimiento en el área de toma de decisiones. El MCDA surgió hace aproximadamente cincuenta años y una recopilación de los mayores desarrollos en este campo se encuentra en Köksalan, Wallenius y Zionts (2011).

El MCDA constituye una opción innovadora (Cano, Ariza & Cortés, 2011; Molina, Amaya & Cortés, 2010; Chica, Sarmiento & Cortés, 2010; Cortés, García & Aragonés, 2007; Cortés, 2006) que permite, a través de diferentes métodos y técnicas, establecer la mejor opción, con el objetivo de constituir un consenso entre diferentes puntos de vista en conflicto de cada uno de los agentes interesados en el problema (Belton & Stewart, 2002). El MCDA permite abordar problemas de decisión con información cuantitativa y cualitativa para la toma de decisiones en cualquier entorno, y ayuda a estructurar el problema y conduce a decisiones valoradas, sustentables y con un mayor nivel de justificación.

Dentro del MCDA se encuentra el método denominado Proceso Analítico Jerárquico (AHP, *Analytic Hierarchy Process*), desarrollado por Saaty en los años setenta (Saaty, 1994; 1996). El AHP brinda un marco racional para estructurar el problema de decisión, representar y cuantificar los criterios de la misma, y evaluar alternativas de solución. Este método ayuda a encontrar la solución que mejor se ajusta a las necesidades y a la comprensión del problema por parte de los decisores. El principal objetivo de este trabajo es aplicar el AHP al problema de seleccionar una plataforma de inteligencia de negocios para una empresa¹ colombiana. En el apartado 2 se describe con mayor detalle la decisión a tomar.

En la empresa se definió como repositorio único de información la bodega de datos. Esta decisión fue tomada por la alta gerencia de la empresa, el presidente y los vicepresidentes de las áreas comercial, de mercadeo, administrativa, financiera y de sistemas y operaciones. El objetivo principal de esta decisión es consolidar la información para: 1) el seguimiento del negocio; 2) la información como fuente de proyecciones; 3) la información para el planteamiento de metas y el seguimiento de las mismas, en un único lugar: la bodega de datos. Con esta decisión se espera que todas las áreas tengan la misma fuente y no presenten diferencias significativas al momento del cumplimiento de las metas.

La bodega de datos está estructurada de una forma especial para soportar el análisis de información requerido para la toma de decisiones del negocio. El sistema operativo es *Oracle 10g PSeries 550-AIX*. La forma para visualizar los reportes y obtener la información es mediante el software *Microstrategy*. Además, la bodega de datos contiene la colección de información corporativa derivada de los sistemas operacionales. La forma en que los usuarios acceden a las cifras es mediante los *datamarts*, los cuales han sido estructurados y diseñados según las necesidades del solicitante. Los *datamarts* son un subconjunto de la bodega de datos con un propósito específico. Se puede ver como una vista de la bodega de datos orientada a un aspecto del negocio; contiene los registros de operaciones llevadas a cabo en el respectivo proceso con sus valores (hechos) y características (dimensiones y medidas).

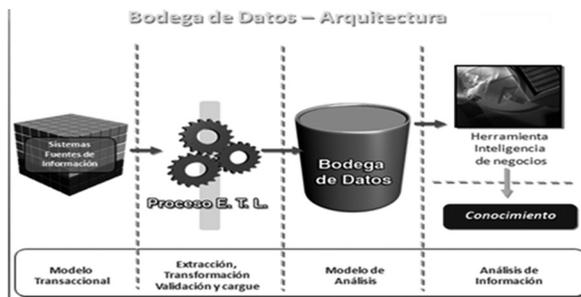
La arquitectura de la bodega de datos se muestra en la Figura 1, mediante los ETL diseñados para los diferentes sistemas de información de la empresa; es el caso del *AS400*, el *Tándem*, y el *Xcom*, entre otros ya mencionados. Se cargan las tablas de la bodega de datos con la informa-

1 La empresa donde se realizó el trabajo autorizo la publicación del presente trabajo sin mencionar el nombre de la empresa y del producto.

ción, para su posterior utilización en los *datamarts*, mediante la herramienta de Inteligencia de Negocios *Microstrategy*.

Para exponer de manera ordenada el propósito del presente artículo, a continuación se desarrollarán los siguientes apartados: descripción de la decisión a tomar; planteamiento del problema de decisión; selección de los criterios; ponderación de los criterios; valoración de las alternativas; cálculo de la prioridad global y análisis de resultados, y por último las conclusiones.

Figura 1. *Arquitectura-Bodega de datos*



Fuente. Elaboración propia a partir de Gartner (2011).

Descripción de la decisión a tomar

Para el funcionamiento del Sistema de Información Gerencial es necesario potenciar la bodega de datos como repositorio de información y de consulta; no obstante, la visualización y el tratamiento de la información en el ambiente de la bodega no es amable y no se encuentra predeterminado, por tal motivo se decidió invertir en licencias para la visualización de reportes exportables a *Excel*, *Pdf*, y *html*, entre otros, así como en visualización mediante tableros de instrumentos (*dashboards*) diseñados según la necesidad y el tipo de información a visualizar, permitiendo la interacción del usuario con las diferentes aristas de la información, y adicionalmente, generar restricciones de acceso por seguridad según el perfil.

En esta fase se origina el problema de decisión: elegir en qué licencias invertir, es decir, seleccionar una plataforma de inteligencia de negocios idónea que se ajuste a la empresa y permita la implementación del Sistema de Información Gerencial.

Mediante la aplicación del método AHP a este problema se seleccionará una plataforma de inteligencia de negocios para la bodega de datos de la empresa. Este método tiene un sólido fundamento científico y está siendo utilizado en numerosas aplicaciones prácticas. Este método matemático está basado en el establecimiento de una estructura jerárquica del problema (Ver Figura 5), permite trabajar con bastante información, admite la integración de las opiniones y juicios de diferentes expertos y tiene en cuenta la consistencia de los juicios emitidos.

El presente ejercicio se ha desarrollado con el apoyo de seis expertos, miembros de la alta gerencia de la empresa. Los principales pasos del proceso de decisión que se han seguido son los siguientes (Cortés et al., 2007): 1) Análisis de las alternativas; 2) Selección de los criterios de decisión; 3) Ponderación de los criterios; 4) Valoración de las alternativas según cada criterio; 5) Cálculo de la prioridad global en el conjunto de alternativas, y 6) Análisis de resultados e informe final.

Planteamiento del problema de decisión

Las plataformas de inteligencia de negocios son un tipo de *software* con diferentes aplicaciones, diseñado para colaborar con el procesamiento de la información en los procesos de las organizaciones. Específicamente se trata de herramientas de asistencia para el análisis y la presentación de los datos.

En Colombia se pueden adquirir un gran número de licencias para plataformas de inteligencia de negocios, entre las cuales se encuentran: *MicroStrategy*, *Information Builders*,

Cognos, eReports, Crystal Reports, BIRT, SAS, SAP, Micro-soft, Quilkview, JasperServer y Pentaho, entre otras. Por políticas de la empresa se descartan las aplicaciones de software libre, debido al débil soporte técnico. De todas las opciones existentes en el mercado, y por recomendación del área técnica de la organización, se redujeron las opciones a cuatro: *MicroStrategy* (Distribuidor Sonda Red de Colombia), *Cognos* (Herramienta de IBM, *Cisco Systems*), *Crystal Reports* (*Business Reports, SAP*), y *SAS*.

Si bien todas estas plataformas tienen funcionalidades similares, también divergen en algunas de sus aplicaciones. Cada plataforma tiene sus propias fortalezas y debilidades, ventajas y desventajas, razón por la cual resulta complejo adoptar una u otra. El panel de expertos que han apoyado el proceso de decisión objeto de estudio está conformado por los directivos de la organización porque son las personas encargadas de tomar este tipo de decisiones y conocen los requerimientos y necesidades de la organización y qué se necesita de la plataforma. Los expertos fueron el presidente, el vicepresidente de Sistemas y Operaciones, el vicepresidente Administrativo y financiero, el vicepresidente Comercial y de Mercadeo, el gerente de Planeación y estrategia y el gerente de Proyectos de sistemas.

Selección de criterios

Para la selección de los criterios se realizó una descomposición jerárquica, de acuerdo con el método AHP. Para la selección inicial de los criterios se realizó una propuesta de posibilidades que fue consultada y aprobada por el panel de expertos; para realizar esta propuesta se utilizó la información disponible en los análisis de *Gartner* del año 2011.

Gartner Inc. es un proyecto de investigación de tecnologías de la información y de firma consultiva con sede en Stanford, Connecticut (Estados Unidos). *Gartner* tiene como clientes a grandes empresas, agencias de gobierno, empresas tecnológicas y agencias de inversión como *BT, CV, y Wall Street Journal*, entre otras. La empresa se enfoca en la

investigación, programas ejecutivos, consultas y eventos; asimismo, *Gartner* proporciona el análisis de investigación y el consejo para las tecnologías de la información profesionales en empresas de tecnología y en la comunidad de inversores; exponen sus reuniones informativas, así como el *peer networking service* (servicios de pares en red) y programas de socios diseñados explícitamente para *CEOS* y otros directores ejecutivos.

Gartner se define como:

Gartner, Inc. (NYSE: IT) es el líder mundial en investigación de tecnología de información y consultoría. Entregamos la visión relacionada con la tecnología necesaria para que nuestros clientes tomen las decisiones correctas, todos los días. De los *CEOS* y altos líderes de TI en las empresas y agencias gubernamentales, los líderes de negocios en empresas de alta tecnología y de telecomunicaciones y empresas de servicios profesionales, e inversionistas en tecnología, somos un socio valioso: 60,000 clientes en 11,600 organizaciones diferentes. A través de los recursos de *Gartner Research, Gartner Programas Ejecutivo, consultoría Gartner y Eventos Gartner*, trabajamos con cada cliente para investigar, analizar e interpretar el negocio de las TI en el contexto de su papel individual. Fundada en 1979, *Gartner* cuenta con 4,600 asociados, incluyendo 1,250 analistas de investigación y consultores, y nuestros clientes en 80 países. (*Gartner, Inc.*, 2011)

Los análisis producidos por *Gartner* son fundamentales y de gran utilidad a la hora de realizar una investigación para la selección de tecnologías, debido a que esta organización se ha dedicado a evaluar y especificar aspectos relevantes a tener en cuenta en una elección de este tipo. Por tal motivo se tomaron como punto de referencia para este estudio los siguientes análisis:

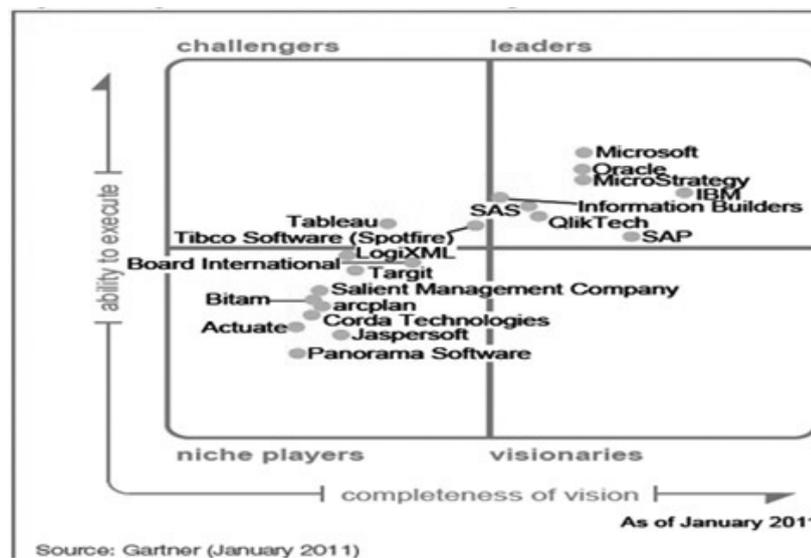
- a. **Critical Capabilities for Business Intelligence Platform:** Esta investigación evalúa las capacidades de integración de inteligencia de negocios de 13 plataformas, menciona los cuatro casos de uso común y

ocho capacidades críticas que los evaluadores deben considerar al hacer la selección de proveedores o en las decisiones de racionalización.

b. Magic Quadrant for Business Intelligence Platform 2011: El Cuadrante Mágico para Plataformas de BI (Business Intelligence), que se aprecia en la Figura 2, ofrece una visión global de la opinión de Gartner

acerca de los principales proveedores de software que deben ser considerados por las organizaciones que buscan el desarrollo de Business Intelligence (BI). Según lo definido por Gartner, "las plataformas de BI permiten a los usuarios crear aplicaciones que ayudan a las organizaciones a aprender y entender su negocio" (Gartner, 2011).

Figura 2. Cuadrante Mágico de Plataformas para Inteligencia de Negocios



Fuente. Gartner (2011).

Además de los análisis de Gartner, se incluyeron otros aspectos relevantes para la selección de los criterios tales como: necesidad de crear bases de datos alternas con la implantación de una plataforma, necesidad de adquirir licencias adicionales a la principal para realizar las operaciones, conocimiento por parte del proveedor, entre otros. Teniendo en cuenta todo lo anterior, los criterios seleccionados fueron los siguientes:

C1 Criterio Tecnológico. En este criterio se agrupan los aspectos técnicos para identificar de manera específica las necesidades de la organización como usuaria de una plataforma de inteligencia de negocios. Los siguientes son los subcriterios:

C1.1 Generación de base de datos alterna (Minimizar). Este subcriterio hace referencia

a la creación de una base de datos alterna para sincronizar con el lenguaje de la plataforma a evaluar. Este criterio se califica en una escala de 1 a 5, donde 1 es mejor que 5 ya que el subcriterio es a minimizar.

C1.2 Escalabilidad de volumen de datos (Maximizar). Se evalúa la capacidad de la plataforma

para cambiar su configuración o tamaño según las demandas futuras que pueda generar. Se valora de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 toda vez que el subcriterio es a maximizar.

C1.3 Soporte SQL sofisticado (Maximizar).

Evalúa la disposición de un modelo de programación rápido y sencillo para desarrolladores, eliminando la administración de base de datos para operaciones estándar, y suministrando herramientas sofisticadas para operaciones más complejas. Se valora de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 ya que el subcriterio es a maximizar.

C1.4 Reporte interactivo, complejo (Maximizar).

Evalúa la capacidad de crear reportes formateados e interactivos, con una distribución altamente escalable y óptimas capacidades de programación. Se califica de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 puesto que el subcriterio es a maximizar.

C1.5 Integración (Maximizar).

Evalúa la capacidad de diseño e implementación de la funcionalidad, la capacidad de enlace de la aplicación (software a medida o paquete de software), el volumen del flujo de datos, y la capacidad de la infraestructura tecnológica. Se valora de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 debido a que el subcriterio es a maximizar.

C1.6 Reportes financieros para el seguimiento al desempeño del negocio (Maximizar).

Capacidad de la plataforma para manejar una amplia gama de estilos de presentación de informes financieros, paneles de rendimiento, indicadores, entre otros. Se valora de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 ya que el subcriterio es a maximizar.

C1.7 Soporte de dispositivo móvil (Maximizar).

Evalúa la capacidad de la plataforma de permitir el acceso a dispositivos móviles inteligentes con características GSM, GPRS, EDGE, WCDMA, High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA), High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA), LTE, cdma2000 1xRTT, cdma2000 EV-DO y celulares digitales (PDC). Se valora de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 debido a que el subcriterio es a maximizar.

C2 Criterio Financiero.

C2.1 Costo de Licencia principal (Minimizar).

Costo que debe ser pagado por la empresa para instalar, acceder y estructurar la plataforma. Se valora en dólares estadounidenses.

C2.2 Costo de Licencias adicionales (Minimizar).

Corresponde a un incremento en las licencias diferente al pactado inicialmente. Se valora en dólares estadounidenses.

C2.3 Costo de capacitación (Minimizar).

Costo de la capacitación por parte de la consultoría para instruir a los futuros usuarios de la plataforma. Se valora en dólares estadounidenses.

C2.4 Costo de Consultor externo para reporte básico (Minimizar).

Valor de la consultoría que debe ser contratada para la generación de reportes y tableros. Se valora en dólares estadounidenses.

C2.5 Costo de mantenimiento (Minimizar).

Valor que debe ser pagado como rubro de mantenimiento de la plataforma. Se valora en dólares estadounidenses.

C3 Criterio de Calidad.

C3.1 Conocimiento del proveedor (Maximizar).

Se refiere al conocimiento del proveedor sobre la operación propia de la empresa que va a implementar la plataforma, la experiencia propia y el conocimiento de las operaciones detalladas del negocio, entre otras. Se valora de 1 a 5, donde 5 es mejor que 1 ya que el subcriterio es a maximizar.

Ponderación de criterios

Los pesos de los criterios expresan el grado de importancia relativa que ellos tienen para el decisor. Existe un profundo debate teórico sobre el significado de los pesos de los criterios según el modelo MCDA con el que se está traba-

jando, así como sobre la forma de obtenerlos. Básicamente se presentan dos enfoques: en los modelos basados en la teoría de la utilidad los pesos representan tasas de intercambio entre los criterios, mientras que en los modelos de superación (*Electre o Promethee*) representan coeficientes de importancia (Belton & Stewart, 2002).

Siguiendo el método AHP, en el cual los criterios se representan mediante un árbol jerárquico, se han de realizar comparaciones binarias entre los vértices de cada nivel, con base en la importancia o contribución de cada uno de ellos al vértice del nivel superior al que están ligados. Este proceso de comparación conduce a una escala de medida relativa de prioridades o pesos de los elementos cuya suma total es la unidad. Para calcular los pesos de los criterios en cada nivel jerárquico estos deben compararse de dos en dos, preguntándose si el criterio Ci es mejor que el Cj (o viceversa), y cuánto mejor, utilizando la escala de Saaty descrita en la Figura 3 (Cortés et al., 2007):

Figura 3. Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes

Fuente. Adaptado de Saaty (1994).

Para el desarrollo de este estudio, se elaboró un cuestionario que se envió a cada experto por correo electrónico. Los datos obtenidos se utilizaron para aplicar el método AHP. Se unificaron los juicios individuales emitidos por los expertos para cada grupo de opciones (Criterios locales y Criterios globales), utilizando la media geométrica; con estos nuevos datos se calculó la matriz de comparación de criterios para cada caso y de esta forma se obtuvieron los pesos de los criterios, tal como se puede apreciar en la Figura 4:

Figura 4. Matrices de comparación de criterios globales y locales: resultados.

Matriz de comparación de criterios Globales - Media Geométrica 6 Expertos

					n	3			
	wprom				A*wprom	λ_{max}	IC = $(\lambda_{max}-n)/(n-1)$	VA=IA	RC=IC/VA
	C1	C2	C3	prioridad					
C1	1	3,60	2,08	0,558	1,688				
C2	0,28	1,00	0,41	0,139	0,416	3,018	0,009	0,525	1,674%
C3	0,48	2,47	1,00	0,303	0,913				
Total	1,758	7,069	3,486						

Matriz de comparación de criterios Locales C1 - Media Geométrica 6 Expertos

	wprom							A*wprom	Δ_{max}	IC= $(\Delta_{max-n})/(n-1)$	VA=IA	RC=IC/VA
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7					
	prioridad											
C1	1,00	3,04	2,00	2,00	2,62	2,88	1,59	0,268	7,057	0,009	1,341	0,703%
C2	0,33	1,00	0,81	0,81	0,84	0,87	0,51	0,092				
C3	0,50	1,23	1,00	1,00	1,82	1,06	0,66	0,128				
C4	0,50	1,23	1,00	1,00	1,82	1,06	0,66	0,128				
C5	0,38	1,19	0,55	0,55	1,00	0,66	0,48	0,085				
C6	0,35	1,14	0,94	0,94	1,52	1,00	0,44	0,108				
C7	0,63	1,96	1,52	1,52	2,08	2,29	1,00	0,191				
Total	3,69	10,79	7,82	7,82	11,70	9,83	5,33	1,00				

Matriz de comparación de criterios Locales C2 - Media Geométrica 6 Expertos

	wprom					A*wprom	Δ_{max}	IC= $(\Delta_{max-n})/(n-1)$	VA=IA	RC=IC/VA
	C1	C2	C3	C4	C5					
	prioridad									
C1	1,00	1,00	2,08	1,00	0,11	0,090	5,122	0,030	1,115	2,725%
C2	1,00	1,00	1,57	1,00	0,11	0,083				
C3	0,48	0,64	1,00	0,48	0,11	0,054				
C4	1,00	1,00	2,08	1,00	0,11	0,090				
C5	9,00	9,00	9,00	9,00	1,00	0,684				
Total	12,48	12,64	15,73	12,48	1,44					

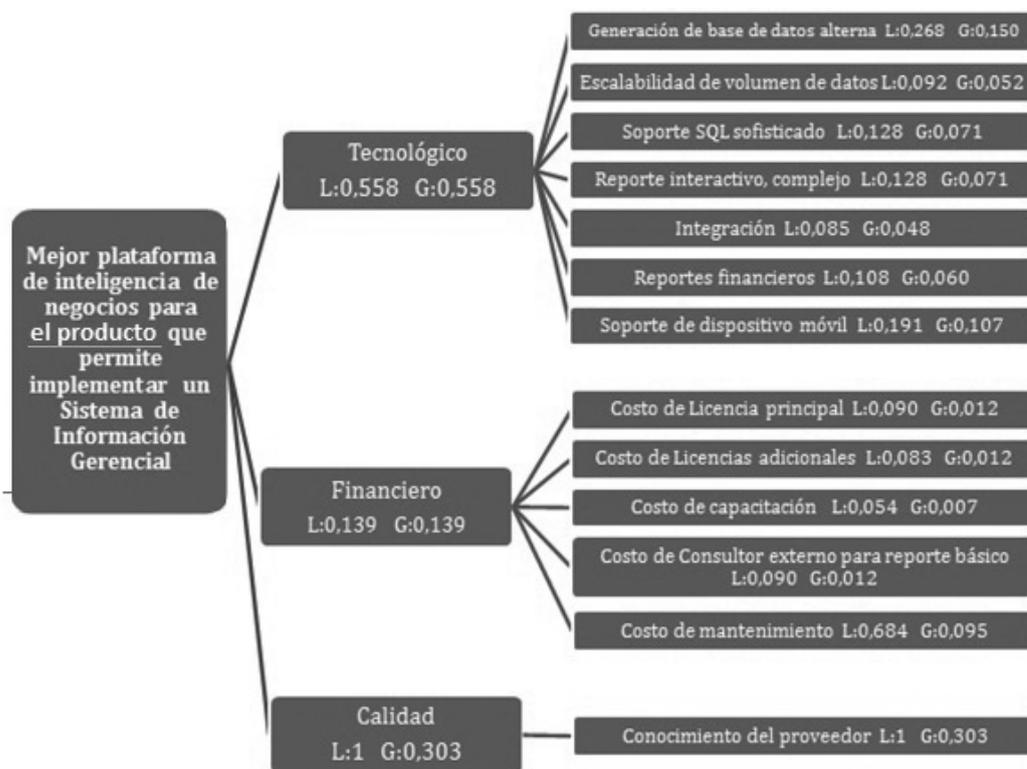
Fuente: elaboración propia a partir de Saaty (1994).

Es importante aclarar que el Criterio de Calidad (C3) cuenta con un solo subcriterio, razón por la cual no se hace necesario la elaboración de la matriz de comparación.

Con los datos de los pesos de los criterios globales y locales se elaboró el árbol jerárquico. La Figura 5 muestra la estructura jerárquica de criterios y sus pesos (local y global) entre paréntesis. El peso local (L) significa la prioridad del

subcriterio en relación con el resto de criterios situados en el mismo subnivel (la suma de estos pesos es igual a 1). El peso global del subcriterio es el que resulta de multiplicar su peso local por el peso global del criterio inmediatamente superior. En la Figura 5 se muestran los resultados de los pesos de los criterios obtenidos por agregación, mediante la media geométrica, de los juicios emitidos individualmente por cada experto:

Figura 5. Representación de la jerarquía de criterios y sus pesos.



Fuente. Elaboración propia a partir de Cortés et al. (2007).

Los criterios tecnológicos son los valorados como más importantes (55,8%), después los de calidad (30,3%) y por último los financieros (13,9%). Entre los criterios de más bajo nivel, con base en los cuales se valora cada una de las alternativas, se aprecia que el de mayor peso global es el del "Conocimiento del proveedor" (30,3%), y el de menor peso es el del "costo de capacitación" (0,7%).

Valoración de las alternativas

Una vez determinados los criterios y la forma de valorar las alternativas, se construyó la matriz de decisión (Figura 7). Los datos de la matriz fueron obtenidos a partir del análisis de *Gartner Critical Capabilities for Business Intelligence Platform*, donde los datos ya se encuentran cuantificados en una escala de 1,0 a 5,0 (Figura 6).

Figura 6. *Critical Capabilities for Business Intelligence Platform.*

	MicroStrategy	Information Builders	Cognos	Actuate (e.Reports)	Business Objects (Crystal Reports)	Actuate (BIRT)	SAS	Microsoft	JasperServer	
Critical capabilities for reporting	Ease of use for end users	4,5	4,7	3,9	4,2	3,2	4,1	3,5	3,4	3,3
	Ease of use for developers	3,8	3,8	3,8	2,5	2,8	2,8	2,0	2,7	2,0
	Data volume scalability	5,0	4,5	4,0	4,5	4,0	3,0	4,0	3,5	3,0
	User volume scalability	3,8	5,0	4,4	5,0	3,2	2,6	3,2	3,8	2,6
	Complex, interactive reporting	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0
	Sophisticated SQL support	5,0	4,6	3,9	5,0	3,9	3,6	4,6	1,4	1,0
	High quality, portable output	5,0	3,3	3,3	3,3	1,7	5,0	1,7	3,3	5,0
	Integration	3,8	4,6	4,2	2,9	3,8	2,1	4,2	2,5	1,7
	Financial reporting	4,4	3,8	2,5	1,9	5,0	1,0	1,3	2,5	3,1
	Mobile device support	3,1	2,5	4,4	3,1	3,8	2,5	2,5	2,5	2,5
Total	4,4	4,3	4,0	3,8	3,4	3,2	3,2	3,0	2,7	

Fuente. Gartner (2011).

También se utilizaron datos de las cotizaciones realizadas directamente por los proveedores de las diferentes plataformas. Se aprecia que las valoraciones de todos los criterios, excepto el de "Conocimiento del proveedor", se basan en datos cuantitativos. La valoración del criterio "Conocimiento del proveedor" y "Generación de base de datos alterna" se obtuvieron por consenso y se basó en la experiencia de los miembros del panel.

Figura 7. Matriz de decisión

CRITERIO	SUBCRITERIO	Max(↑) ó Min(↓)	UNIDAD	PLATAFORMAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS				
				MICROSTRATEGY	BUSINESS OBJECT	SAS	COGNOS	MAX LOCAL
Tecnológico	Generación de base de datos alterna	↓	Escala de 1 a 5. Tendencia a Minimizar	1	5	5	5	5
	Escalabilidad de volumen de datos	↑	Escala de 0,0 a 5,0. Fuente: Gartner. Tendencia a Maximizar	5	4	4	4	5
	Soporte SQL sofisticado	↑		5	4	4	5	5
	Reporte interactivo, complejo	↑		5	3,9	4,6	3,9	5
	Integración	↑		3,8	3,8	4,2	4,2	4,2
	Reportes financieros	↑		4,4	5	1,3	2,5	5
	Soporte de dispositivo móvil	↑		3,1	3,8	2,5	4,4	4,4
Financiero	Costo de Licencia principal	↓	USD \$. Tendencia a Minimizar	500	1.650	2.500	1.550	2.500
	Costo de Licencias adicionales	↓		880	1.100	750	400	1.100
	Costo de capacitación	↓		-	5.000	5.000	5.000	5.000
	Costo de Consultor externo para reporte básico	↓		50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
	Costo de mantenimiento	↓		276	550	650	390	650
Calidad	Conocimiento del proveedor	↑	Escala de 1 a 5. Tendencia a Maximizar	5	1	1	1	5

Fuente. Elaboración propia a partir de Cortés et al. (2007).

Con los datos de la matriz se siguió aplicando el método AHP, el cual permite transformar estas valoraciones en preferencias del decisor (en este caso el panel de expertos) de varias formas, de acuerdo con los datos disponibles. Si algún criterio fuera cualitativo y dependiera de la opinión de cada miembro del panel de expertos, se hubiera podido establecer la valoración o prioridad de las alternativas para ese criterio por comparación binaria, al igual que se ha procedido con los pesos. Esto es así porque el número de alternativas es menor que 7, cantidad considerada como la máxima apropiada para poder establecer comparaciones sin generar grandes inconsistencias (Saaty, 1994). En el presente caso sólo estaban las situaciones de los criterios "Conocimiento del proveedor" y "Generación de base de

datos alterna", donde se optó por establecer una escala de 1 a 5, y que el panel de expertos, por consenso, estableciera la valoración según su opinión experta.

Con respecto a la matriz de decisión planteada, los datos no se encuentran en la misma escala, lo cual no permite realizar comparaciones. El paso a seguir para que los datos puedan ser comparables consiste en normalizarlos mediante alguno de los métodos que se muestran en la Figura 8. Los métodos de normalización recomendables son aquellos en los que se guarda la proporcionalidad, el método del porcentaje del máximo a_j -máximo local, que requiere conocer el máximo local de cada uno de los subcriterios-, mientras que el método del porcentaje total de $\sum a_j$ no exige este requisito, pues es sólo la ponderación sobre la sumatoria de cada uno de los subcriterios.

Figura 8. Métodos de Normalización.

Interpretación	% del máximo a_i	% del rango (max a_i - min a_i)	% del total de $\sum a_i$	iésima componente del vector unitario
Fórmula	$V_i = \frac{a_i}{\max a_i}$	$V_i = \frac{a_i - \min a_i}{\max a_i - \min a_i}$	$V_i = \frac{a_i}{\sum a_i}$	$V_i = \frac{a_i}{(\sum a_i^2)^{1/2}}$
Vector normalizado	$0 \leq V_i \leq 1$	$0 \leq V_i \leq 1$	$0 \leq V_i \leq 1$	$0 \leq V_i \leq 1$
Módulo de V	Variable	Variable	Variable	1
Conserva Proporcionalidad	Sí	No	Sí	No

Fuente. Adaptado de Pomerol y Barba-Romero (2000).

En la Figura 9 se presenta la matriz normalizada mediante el método del porcentaje del máximo a_i .

Figura 9. Matriz de decisión normalizada: método del porcentaje del máximo a_i .

Matriz Normalizada

Nivel	Criterio	Max(↑)ó Min(↓)	PLATAFORMAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS				
			MICROESTRATEGY	BUSINESS OBJECT	SAS	COGNOS	% Criterio
Tecnológico	Generación de base de datos alterna	↓	1	5	5	5	0,150
	Escalabilidad de volumen de datos	↑	5	4	4	4	0,052
	Soporte SQL sofisticado	↑	5	4	4	5	0,071
	Reporte interactivo, complejo	↑	5	3,9	4,6	3,9	0,071
	Integración	↑	3,8	3,8	4,2	4,2	0,048
	Reportes financieros	↑	4,4	5	1,3	2,5	0,060
Financiero	Soporte de dispositivo móvil	↑	3,1	3,8	2,5	4,4	0,107
	Costo de Licencia principal	↓	1,0	3,3	5,0	3,1	0,012
	Costo de Licencias adicionales	↓	4,0	5,0	3,4	1,8	0,012
	Costo de capacitación	↓	1,0	5,0	5,0	5,0	0,007
	Costo de Consultor externo para reporte básico	↓	5,0	5,0	5,0	5,0	0,012
Calidad	Costo de mantenimiento	↓	2,1	4,2	5,0	3,0	0,095
	Conocimiento del proveedor	↑	5	1	1	1	0,303
	Vector prioridad global		2,78	0,61	0,22	0,75	1,00

Fuente. Elaboración propia a partir de Pomerol y Barba-Romero (2000).

A continuación (Figura 10) se presenta la matriz normalizada mediante el método del porcentaje total de $\sum a_i$

Figura 10. Matriz de decisión normalizada: método del porcentaje total de $\sum a_i$

Matriz Normalizada

Nivel	Criterio	Max(↑) ó Min(↓)	UNIDAD	PLATAFORMAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS				
				MICROESTRATEGY	BUSINESS OBJECT	SAS	COGNOS	% Criterio
Tecnológico	Generación de base de datos alterna	↓	Escala de 0,0 a 1,0	0,200	1,000	1,000	1,000	0,150
	Escalabilidad de volumen de datos	↑		1,000	0,800	0,800	0,800	0,052
	Soporte SQL sofisticado	↑		1,000	0,800	0,800	1,000	0,071
	Reporte interactivo, complejo	↑		1,000	0,780	0,920	0,780	0,071
	Integración	↑		0,905	0,905	1,000	1,000	0,048
	Reportes financieros	↑		0,880	1,000	0,260	0,500	0,060
	Soporte de dispositivo móvil	↑		0,705	0,864	0,568	1,000	0,107
Financiero	Costo de Licencia principal	↓		0,200	0,660	1,000	0,620	0,012
	Costo de Licencias adicionales	↓		0,800	1,000	0,682	0,364	0,012
	Costo de capacitación	↓		0,000	1,000	1,000	1,000	0,007
	Costo de Consultor externo para reporte básico	↓		1,000	1,000	1,000	1,000	0,012
	Costo de mantenimiento	↓		0,425	0,846	1,000	0,600	0,095
Calidad	Conocimiento del proveedor	↑		1,000	0,200	0,200	0,200	0,303
Vector prioridad global				0,57	0,14	0,06	0,17	1,00

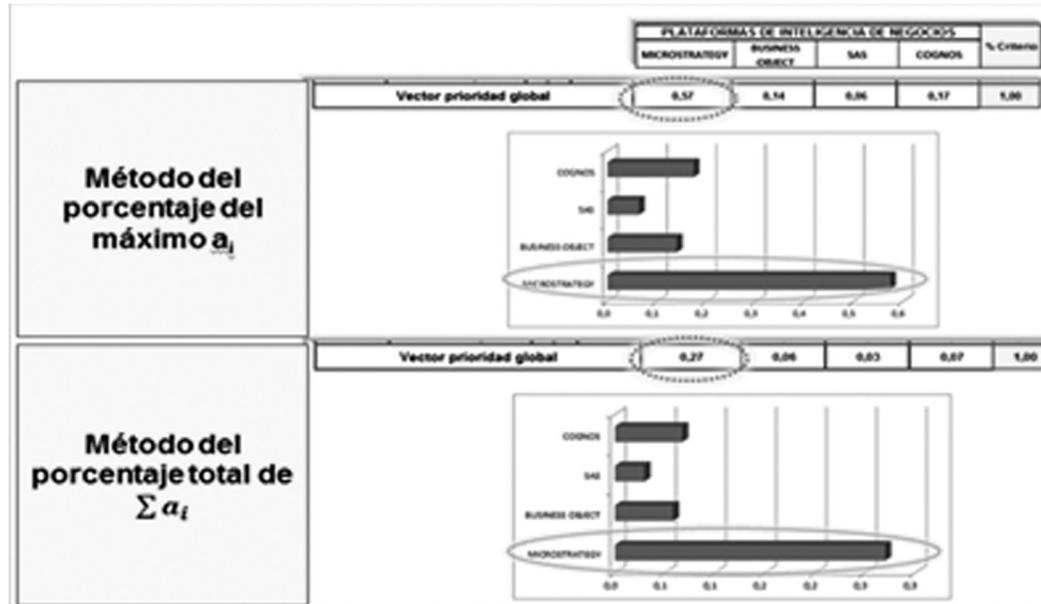
Fuente. Elaboración propia a partir de Pomerol y Barba-Romero (2000).

Cálculo de la prioridad global y análisis de resultados

Una vez obtenidos los datos normalizados se calcula el vector de prioridad global. El vector de prioridad se obtiene mediante la suma ponderada de los criterios por cada una

de las alternativas; es importante tener en cuenta que a los criterios que tienden a minimizar se les antepone el signo negativo, y a los que tienden a maximizar les antecede el signo positivo. De esta manera se obtiene el resultado final donde el mayor valor corresponde a la alternativa que se debe elegir. La Figura 11 muestra los resultados del vector de prioridad global y su respectiva gráfica:

Figura 11. Resultados vector de prioridad global.



Fuente. Elaboración propia a partir de Pomerol y Barba-Romero (2000).

Se puede observar que el resultado de los dos métodos de normalización calculados corrobora a la plataforma *Microstrategy* como la más adecuada para la organización, teniendo en cuenta todos los criterios establecidos y ponderados por el panel de expertos.

Conclusiones

Las metodologías y técnicas presentadas en este artículo permiten abordar problemas complejos analizando los diferentes puntos de vista, dimensiones o variables del problema. Los expertos o los grupos interesados pueden aportar sus criterios y sus valoraciones. Esto suele conducir a adoptar decisiones de consenso con una mayor aceptación de las partes involucradas. Además, por medio de estas técnicas, se puede generar una gran cantidad de información que está ordenada y que se puede analizar con profundidad, haciendo ejercicios del tipo: ¿qué pasa si se

modifica el peso del criterio j , o las valoraciones de ciertas alternativas, o si se incorpora la opinión de cierto experto?

De esta forma se demuestra una vez más que el Análisis de Decisiones Multicriterio es una herramienta útil para ayudar a tomar decisiones en proyectos tecnológicos. Durante el desarrollo de un proyecto de ingeniería hay que adoptar decisiones que son críticas para sus desarrollos futuros. A su vez, los encargados de tomar decisiones asumen grandes responsabilidades y la mayoría de las veces necesitan apoyarse en expertos que los asesoren. En otras ocasiones existen diferentes agentes con intereses contrapuestos que hay que conjugar para encontrar una solución.

En el presente caso, se han aplicado varios métodos, de fácil comprensión y que cuentan además con un fundamento científico contrastado. Permiten construir una matriz de decisión, con datos cuantitativos y cualitativos en diferentes

escalas y con diferentes significados, unos a maximizar y otros a minimizar, para finalmente procesar la información y generar una puntuación general.

Los métodos utilizados en este ejercicio no sustituyen el buen o mal juicio del decisor. No reducen la subjetividad inherente a cualquier proceso de toma de decisiones. Sin embargo, ayudan a gestionar la complejidad, y también a que el decisor sienta que al concluir el proceso sabe más que antes de empezar. Esta situación suele tranquilizar a muchos decisores que, en un momento determinado, valoran más cómo se adoptan las decisiones que la solución final adoptada.

Los resultados obtenidos en este estudio ratifican que el método analítico jerárquico (AHP, *Analytic Hierarchy Process*) contribuye a mejorar el proceso de decisión, por la gran información que aporta y por la ayuda que brinda en el conocimiento del problema. En particular ilustra cómo pasar de procedimientos de selección de alternativas por asignación directa de pesos, hacia nuevos esquemas para obtener una valoración indirecta de pesos por medio del uso de técnicas de comparación de criterios, de manera agregada y con la colaboración de varios expertos en el tema en países en vías de desarrollo como Colombia.

En este artículo se muestra cómo se pueden abordar problemas tan complejos como la selección de una plataforma de inteligencia de negocios, fundamental para el desarrollo de las actividades de una empresa, involucrando una estructura jerárquica de criterios y subcriterios. Durante el trabajo con los expertos se evidenció que el diseño de las jerarquías requiere experiencia y conocimiento del problema que se plantea, para lo cual es indispensable disponer de toda la información necesaria.

Finalmente, son múltiples las aplicaciones que se pueden hacer con el MCDA en el sector empresarial colombiano. Estas técnicas se pueden usar para apoyar procesos complejos de toma de decisión propios de la comunidad

empresarial, como ocurre en los siguientes casos: asignación de presupuesto, rediseño de planes de producción, selección de personal, evaluación de la efectividad de las diferentes técnicas de capacitación, asignación de recursos y planeación de la infraestructura de información, evaluación de méritos de empleados, planificación estratégica empresarial, evaluación de productos y procesos, planificación de la infraestructura organizacional, entre muchas otras aplicaciones.

Referencias

- Belton, V., & Stewart, T.J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cano, Y.A., Ariza, J.O., & Cortés, F.A. (2011). Innovación en el proceso de decisión para la adquisición e implantación de un sistema de gestión documental. *VI Congreso Internacional de la Red de Investigación y Docencia en Innovación Tecnológica –RIDIT–*. 13,14 y 15 de Abril de 2011. Manizales: Colombia.
- Chica, G.A., Sarmiento, L., & Cortés, F.A. (2010). Selección de *software* usando el Proceso Analítico Jerárquico. *II Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*. Octubre 7 y 8 del 2010. Bogotá D.C: Colombia.
- Cortés-Aldana, F.A. (2006). La relación Universidad, entorno socioeconómico y la innovación. *Revista Ingeniería e Investigación*, 26(2), 94-101.
- Cortés-Aldana, F.A., García-Melón, M., & Aragonés, P. (2007). Selección de una tecnología de banda ancha para la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, usando una técnica de decisión multicriterio. *Revista Ingeniería e Investigación*, 27(1), 132-137.
- Gartner, Inc. (2011). Critical Capabilities for Business Intelligence Platform. Recuperado de <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>
- _____. (2011). Magic Quadrant for Business Intelligence Platform 2011. Recuperado de <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>

- Köksalan, M., Wallenius, J., & Zionts, S. (2011). *Multiple Criteria Decision Making: From Early History to the 21st Century*. World Scientific.
- Molina, J.G., Amaya, J.E., & Cortés, F.A. (2010). Valoración del riesgo tecnológico: un análisis multicriterio usando el proceso analítico jerárquico. *II Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*. Octubre 7 y 8 del 2010. Bogotá D.C: Colombia.
- Pomerol J.C, & Barba-Romero, S. (2000). *Multicriterion decision in management: Principles and practice*. Boston Hardbound: Kluwer Academic Publishers.
- Saaty, Th. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- _____. (1996). *The Analytic Hierarchy Process. Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Pittsburgh: RWS Publications.