

Sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales utilizando árboles de decisión*

Iván Maurício Argotty Puetamán*✉

Giovanni Albeiro Hernández Pantoja **

Daniel Rodríguez Castañeda***

Edison David Romero Revelo****

Fecha de recepción: 06/05/2013

Fecha de aceptación: 04/12/2013

Cómo citar este artículo / To reference this article / Para citar este artículo: Argotty, I., Hernández, G., Rodríguez, D. & Romero, E. (2013). Sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales utilizando árboles de decisión. *Revista UNIMAR*, 31 (2), pp. 43-53.

RESUMEN

En este artículo se presenta el diseño de un sistema de soporte para la toma de decisiones, que permite su fortalecimiento en el sector empresarial, basado en cuatro modelos matemáticos (matriz de decisión, matriz de normalización, proceso analítico jerárquico, teorema de Bayes), lo cual posibilita visualizar y evaluar, dentro de las posibles alternativas, la decisión más acertada, basándose en el grado de certeza, que es de un 80%; el 20% restante es el grado de subjetividad que el empresario posee al momento de hacer su juicio. Este sistema se fundamenta en cuatro criterios globales para la toma de decisiones: beneficio, costo, tiempo y calidad, además de que permite representar las diferentes alternativas que posee el empresario, mediante la técnica estadística de árboles de decisión, donde se da a conocer al usuario, a través de una interfaz gráfica, el nivel de certeza de cada una de las alternativas evaluadas; asimismo, la aplicación posee un manual de usuario y un módulo que facilita generar reportes de los problemas, en los cuales se ha hecho uso del sistema.

Palabras claves: decisión, educación de negocios, teoría, toma de decisiones.

Support system for business decisions using decision trees

ABSTRACT

This article presents the development and design of a support system for decision-making that enables its strengthening in the business sector, based on four mathematical models (decision matrix, standardization matrix, analytic hierarchy process, Bayes theorem), which allow to visualize and evaluate which of the alternatives in a decision is the right one, based on the degree of certainty, which is 80%, while the remaining 20% is the degree of subjectivity that the employer has at the time of deciding. This system is based on four global criteria for making decisions, such as profit, cost, time and quality, besides it allows to represent different business alternatives through a decision trees statistical technique where the user can know, by means of a graphical interface, the level of certainty of each of the alternatives evaluated; the application has also a user manual and a module that allows to generate reports of problems, which has made use of the system.

Key words: decision, business education, theory, decision making.

* Artículo de investigación e innovación.

✉ Magíster en Docencia Universitaria, Universidad de Nariño; Matemático, Universidad de Nariño; Ingeniero de Sistemas, Universidad de Nariño; Docente Investigador, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: iargote@umariana.edu.co

** Magíster en Docencia Universitaria, Universidad de Nariño; Ingeniero de Sistemas, Universidad de Nariño; Docente Investigador, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: gihernandez@umariana.edu.co

*** Ingeniero de Sistemas, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: daniel.rodriguez.casta@gmail.com

**** Ingeniero de Sistemas, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: edisonRomeroR@gmail.com

Sistema de apoyo para a tomada de decisões em negócios usando árvores de decisão

RESUMO

Este artigo descreve o projeto de um sistema de apoio para a tomada de decisão que permite o seu fortalecimento no setor empresarial, com base em modelos matemáticos (matriz de decisão, a normalização da matriz, o processo de hierarquia analítica, teorema de Bayes) que permitem visualizar e avaliar qual das alternativas em uma decisão é a mais acertada, com base no grau de certeza, que é de 80 %; enquanto os 20% restantes é o grau de subjetividade que o empregador tem de ao tomar a decisão. Este sistema é baseado em quatro critérios amplos para a tomada de decisões, tais como: benefício, custo, tempo e qualidade. Além disso, o sistema permite representar as diferentes alternativas que o empregador tem, pela técnica estatística de árvores de decisão, aonde se dá a conhecer ao usuário através de uma interface gráfica, o nível de certeza de cada uma das alternativas avaliadas. A aplicação tem também um manual do usuário e um módulo que permite gerar relatórios de problemas, os quais fizeram uso do sistema.

Palavras-chave: decisão, educação empresarial, teoria, tomada de decisão.

1. Introducción

Entre el año 2012 y principios del 2013 se desarrolló el proyecto: "Sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales utilizando árboles de decisión", en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Mariana de la ciudad de San Juan de Pasto, Nariño, ubicada en Colombia, con la participación de estudiantes, profesores y el sector empresarial de la región.

En el desarrollo del proyecto se evidenció que en las pequeñas y medianas empresas de esta ciudad existe un déficit en la utilización de recursos tecnológicos para la optimización de los procesos en la toma de decisiones empresariales, debido a la falta de conocimiento de programas especializados para las mismas actividades; además, se observó que el proceso de toma de decisiones empresariales se hace de manera empírica, siendo la experiencia, la subjetividad y la intuición, los aspectos determinantes en dicho proceso.

Con base en lo anterior, nació la idea de la construcción de un sistema informático que fortaleciera el proceso de toma de decisiones en el sector empresarial, aplicando técnicas como matriz de decisión, matriz de normalización, procesos analíticos jerárquicos y teniendo en cuenta el estudio de algunos referentes teóricos, como la siguiente investigación: "5 razones para utilizar modelos de decisiones en su negocio" (Aleph5, 2010), que hace referencia en

cómo, a partir de la necesidad de incorporar las TIC, ha impulsado el desarrollo de los Sistemas de Soporte para Toma de Decisiones (STD), que son herramientas computacionales diseñadas para apoyar a las personas en el análisis de alternativas que solucionan un problema. Además, el proyecto "Sistema de apoyo al proceso de toma de decisiones de inversión en tecnologías según el modelo de Kepner y Tregoe" (Muñoz, 2006), aporta un cambio novedoso a los tradicionales métodos de evaluación de proyectos, ya que introduce un modelo integral para evaluación cuantitativa de criterios cualitativos de reconocida importancia, pero poco investigados, como por ejemplo, calidad, *know how*, diversificación, innovación y reposición. Igualmente, el trabajo investigativo "Análisis y adopción de decisiones" (Cachero, 1989), ofrece una perspectiva general de algunos de los problemas más relevantes de los procesos de formación y selección de decisiones.

Este artículo inicia con la presentación de la metodología, donde se explica la forma en que se desarrolla las cuatro etapas del proceso de investigación; posteriormente se muestra algunos de los resultados obtenidos, después se hace una discusión acerca de algunas consideraciones y reflexiones frente al desarrollo del proyecto en cuestión, realizado en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Mariana, y finalmente, se presenta las conclusiones del proyecto en cada una de las etapas finalizadas.

2. Metodología

La elaboración del proyecto “Sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales” se fundamentó en un tipo de investigación cuasi experimental, de paradigma cuantitativo, y enfoque empírico analítico, debido a que la información que se manipuló en la investigación permitió la aproximación a los resultados de situaciones experimentales en las que no es posible el control y manejo absoluto de las variables; además, la información suministrada por el sistema de soporte de toma de decisiones permitió medir el nivel de optimización en los procesos de toma de decisiones empresariales con base en la técnica de árboles de decisión, matriz de decisión, matriz de normalización y proceso analítico jerárquico, que permitieron identificar los elementos necesarios para la construcción del sistema de soporte de toma de decisiones empresariales.

Este proyecto se desarrolló en cuatro etapas: la primera tuvo como propósito la caracterización de los procesos de toma de decisiones en pequeñas y medianas empresas de esta ciudad, para lo cual se aplicó una encuesta a 27 empresas, cuyo propósito fue recolectar la información, en relación con el uso de tecnología apropiada para los procesos de toma de decisiones empresariales. Además, se realizó un análisis descriptivo de los resultados, que permitieron evidenciar el estado actual de las pequeñas y medianas empresas de esta ciudad, con el fin de poder caracterizar de manera adecuada los procesos de toma de decisiones empresariales en el sector. Asimismo, se hizo un análisis de las características propias de cada empresa, así como de las similitudes observadas entre ellas, para diagnosticar los procesos de toma de decisiones empresariales.

En la segunda etapa se tuvo como objetivo el planteamiento de un modelo matemático con base en la técnica de árboles de decisión, matriz de decisión, matriz de normalización, matriz de criterios ponderados y proceso analítico jerárquico; se preseleccionó 40 documentos referentes a la toma de decisiones, de los que se escogió 15, de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión. Cabe aclarar, que no fueron considerados para el análisis, aquellos documentos que no tenían relación con el proyecto

en desarrollo, por su escaso nivel de pertinencia y relevancia en el transcurso de la investigación. Para un mejor manejo de la información, los escritos fueron organizados en una base de datos conformada por los registros hechos en las fichas documentales de lectura. Posteriormente, se realizó un análisis de cada uno de los puntos centrales de la investigación, identificando los aspectos más significativos del proyecto en los documentos seleccionados. Finalmente se realizó una concatenación de los contenidos teóricos que permitieron la construcción del modelo matemático que posibilita la optimización de la toma de decisiones empresariales.

En la tercera etapa el propósito fue construir el sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales, incorporando el modelo antes planteado, el cual se elaboró con éxito, basados en las características de la investigación y el cumplimiento de los requerimientos.

La cuarta y última etapa tuvo como propósito medir el nivel de optimización de la toma de decisiones empresariales, haciendo uso del sistema, por tanto, se realizó dos encuestas comparativas del proceso de toma de decisiones empresariales, con el objetivo de visualizar los indicadores porcentuales de los procesos empíricos y de baja teoría conceptual en la toma de decisiones empresariales por parte de los empresarios y, su posterior comparación haciendo uso del sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales. Consecutivamente, se presenta la información de los empresarios para la medición de la optimización del proceso de toma de decisiones, donde fueron explicados los datos obtenidos en las encuestas, el manejo de datos utilizando análisis estadístico expresado en tablas e histogramas; también, se da a conocer el cruce de variables en la encuesta como comparación de cada uno de ellos y el porcentaje de optimización obtenido.

3. Resultados

En la primera etapa, que hace referencia a la caracterización de los procesos de toma de decisiones empresariales en las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de San Juan de Pasto, se evidenció que este proceso es realizado de forma empírica, siendo la experiencia, la subjetividad y la intuición,

los aspectos determinantes. Además, no se hace uso de referentes teóricos para optimizar dicho proceso, como se evidencia en la siguiente pregunta, que hace referencia a los verdaderos ítems de relevancia

en la toma de decisiones: ¿Para tomar una decisión qué aspectos considera usted son importantes?, Menciónelos.

Tabla 1. Resultados de la pregunta 5 para la caracterización de la toma de decisiones.

Pregunta 5

¿ Para tomar una decisión, qué aspectos considera usted son importantes?, Menciónelos

Criterio	Resultados	Porcentaje (%)
Tiempo	17	22.6%
Beneficio	17	22.6%
Costos	15	20%
Recursos	14	19%
Certeza	12	16%
TOTAL	75	100%

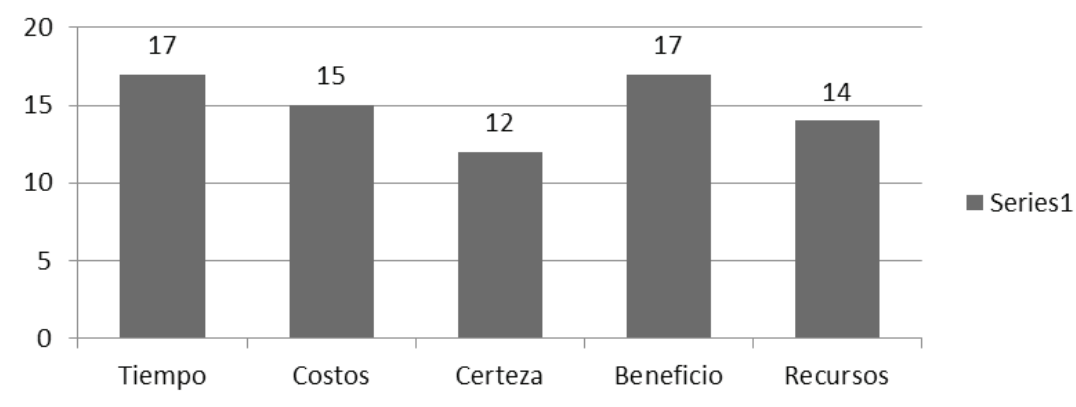


Figura 1. Resultados de la pregunta 5 para la caracterización de la toma de decisiones.

Esta pregunta refleja los aspectos más importantes utilizados por las empresas al momento de tomar decisiones. La pregunta fue planteada de manera abierta, donde los empresarios debían responder cuáles eran las variables que utilizaban al momento de tomar decisiones. Al realizar el análisis se encontró que las más importantes fueron: "tiempo" y "beneficio" con una participación de 17 respuestas; la siguiente variable es "costos" con 15 respuestas, seguida de "recursos" con 14 respuestas y como variable final se encuentra "certeza" con 12 respuestas.

Teniendo en cuenta la revisión documental y los resultados obtenidos en la encuesta, se observa que existe una semejanza entre las características de los

criterios base para la toma de decisiones encontradas en temas referentes a la teoría de decisiones y características importantes, según la encuesta realizada a empresarios de la capital nariñense a la hora de tomar decisiones. Sintetizando la información, se encontró que las variables más relevantes en este aspecto son: beneficio, costo, certeza y tiempo, siendo éstos los ítems primordiales del proyecto.

De igual forma, en la siguiente pregunta se observa que la mayoría de las empresas carecen de herramientas tecnológicas que apoyen la toma de decisiones empresariales. ¿Conoce algún software que le permita a la empresa tomar decisiones empresariales?, ¿cuáles?

Tabla 2. *Conocimiento de software para la toma de decisiones.*

	Resultados	Porcentaje (%)
Sí	18	67%
No	9	33%
Total	27	100%

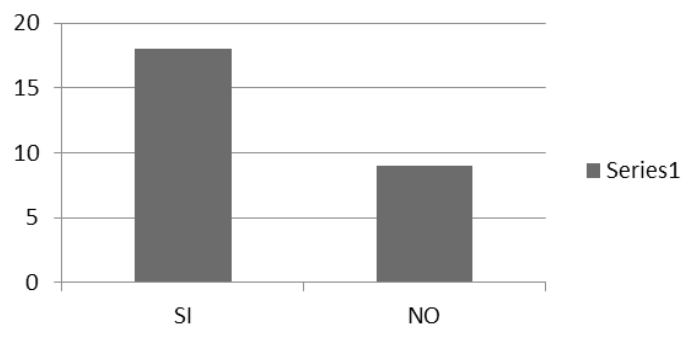


Figura 2. *Conocimiento de software para la toma de decisiones.*

En esta pregunta se observa el conocimiento que tienen las empresas de la capital nariñense en el uso de herramientas informáticas para el apoyo de la toma de decisiones. Como se denota en el cuadro anterior, las empresas que conocen herramientas informáticas para la toma de decisiones abarcan el 67% y, el 33% restante, aseguran que no las conocen. Luego, en la segunda parte de la pregunta, donde se les preguntaba por las herramientas que conocían, la mayoría contestaron: "Microsoft Excel", que no está específicamente diseñada como una herramienta para la toma de decisiones; pues ésta permite a los usuarios

elaborar tablas y formatos que incluyen cálculos matemáticos mediante fórmulas, que usan operadores matemáticos y/o funciones; sin embargo, para la toma de decisiones los usuarios tendrían que tener conocimientos avanzados sobre las fórmulas matemáticas para sus decisiones.

Como resultado de la segunda fase, se debe tener claro que el ambiente socioeconómico actualmente competitivo y complejo, y los métodos tradicionales de toma de decisiones empresariales, se han tornado insuficientes, debido al exceso de información a la que

están expuestos, por tanto, son necesarias soluciones creativas y prácticas, apoyadas en una base cuantitativa que permite a las empresas optimizar sus resultados de manera que se obtenga el mayor beneficio. Para ello se hace necesario la inclusión de los modelos matemáticos que permitan analizar, interpretar y predecir las variables que se encuentran presentes en la toma de decisiones empresariales; dichos modelos incluyen métodos y fórmulas multicriterio que permiten controlar la eficiencia y efectividad de todos sus componentes por medio de las relaciones óptimas que mejor operen el sistema. Con base en lo anterior, se inicia el diseño de un modelo matemático, resultado del análisis de la información de cada uno de los conceptos teóricos que soportan la investigación: matriz de decisión, matriz de criterios, matriz de normalización, procesos analíticos jerárquicos (PAJ), valores esperados y árboles de decisión, obteniendo así una combinación entre algunos de los componentes que son relevantes en la investigación, y teniendo en cuenta que para el desarrollo y solución de un problema, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema; posteriormente con la construcción de un modelo científico, que por lo general es matemático, que intenta abstraer la esencia del problema real. Uno de los componentes matemáticos que hace parte en la construcción del modelo para la toma de decisiones empresariales es la utilización de criterios múltiples, que permiten hacer uso de términos como los atributos; asimismo, éstos hacen referencia a las características de cada una de las alternativas disponibles en una situación de decisión. Además, los criterios constituyen atributos, objetivos o metas que se considera relevantes para un cierto problema decisional.

Con base en las revisiones documentales, se extrajeron los criterios más relevantes utilizados en la toma de decisiones empresariales, como: beneficio, costo, tiempo y calidad. Gallardo (1988), en su libro titulado *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, define beneficio como el tamaño o cantidad (absoluta o relativa) que el inversionista espera tener como rendimiento de su inversión. Es decir, si un inversionista tiene “n” alternativas de inversión, actuará racionalmente prefiriendo la alternativa que represente el mayor beneficio. En cuanto al tiempo, se refiere al horizonte de planeación durante el que los recursos financieros requeridos para el negocio serán desembolsados y recuperados. Horngren, Foster y Datar (2007) definen el término costo, como costo de oportu-

nidad, y es la contribución a la utilidad operativa que se pierde o rechaza al no usar un recurso limitado en su mejor uso alternativo. Kenneth (1970) afirma que la calidad no es independiente de consideraciones básicas; tampoco es independiente del efecto de la competencia. De hecho, estamos viendo las estimaciones de calidad como equivalentes de preferencia. Esto parece del todo consistente en la actitud predominante de los encargados de la toma de decisiones. Por lo tanto, si podemos crear medidas de calidad pertinentes, podremos emplearlas como consecuencias de nuestros procesos de decisión.

Ya ilustrados los criterios que hacen parte en una decisión empresarial, es el momento de incorporarlos en un modelo matemático. Cabe resaltar, que en el análisis de la información del objetivo 1 (Caracterizar los procesos de toma de decisiones empresariales en las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de San Juan de Pasto), y la información anteriormente descrita, nos permite evidenciar que la toma de decisiones empresariales en esta ciudad, tiene como criterios principales el beneficio, costo, calidad y tiempo, por consiguiente, el modelo más adecuado a optar es el método multicriterio discreto, en el cual el problema y el número de alternativas a considerar por parte del centro decisor es finito y normalmente no muy elevado.

La construcción del modelo matemático utilizado es el método multicriterio y de pesos ponderados, que se sintetiza en la siguiente gráfica:

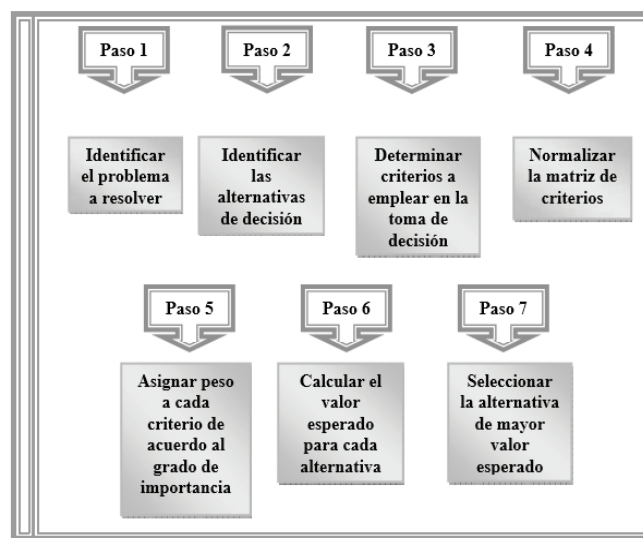


Figura 3. Pasos para la creación del modelo matemático. Fuente: Delgado (2008).

Resulta imprescindible explicar cada paso, incluyendo las técnicas que se utilizó para el desarrollo de este modelo:

1. Identificar el problema a resolver: encontrar el problema y reconocer que se debe tomar una decisión para llegar a su solución.
2. Identificar las alternativas de decisión: buscar cuáles son las alternativas posibles para la decisión.
3. Determinar criterios a emplear en la toma de la decisión: con base en el estudio realizado y el desarrollo del objetivo 1 (Caracterizar los procesos de toma de decisiones empresariales en las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Pasto), se obtiene criterios como beneficio, costo, calidad y tiempo, los cuales son los más relevantes en la toma de decisiones empresariales.
4. Normalización de la matriz de criterios: Aunque no siempre es necesario, en muchos métodos multicriterio, resulta esencial proceder a la normalización de los diferentes criterios en consideración. Debe tenerse en cuenta que en la mayor parte de los contextos decisionales, las unidades en que están medidos los diferentes criterios suelen ser muy diferentes. Además, en muchos problemas multicriterio, los valores alcanzables por los distintos criterios pueden ser disímiles. En esos casos, sin una normalización previa de los métodos aplicados, pueden conducir a soluciones sesgadas hacia los criterios con valores alcanzables mayores.

Los procedimientos de normalización de criterios pueden ser varios: uno de los más utilizados en la práctica es el método de la transformación a escala. Consiste en dividir los valores que alcanza el criterio por su valor «mejor». Dependiendo de cuál sea el criterio del atributo se formula:

Una vez normalizada la matriz se puede pasar al próximo paso.

Peso Alter	W ₁	W ₂	...	W _j	...	W _m	S _j
	C ₁	C ₂	...	C _j	...	C _m	
A ₁	r ₁₁	r ₁₂	...	r _{1j}	...	r _{1m}	S ₁
A ₂	r ₂₁	r ₂₂	...	r _{2j}	...	r _{2m}	S ₂
...
A _k	r _{k1}	r _{k2}	...	r _{kj}	...	r _{km}	S _k
...
A _n	r _{n1}	r _{n2}	...	r _{nj}	...	r _{nm}	S _m

Figura 4. Matriz de decisión. Fuente: Delgado (2008).

5. Asignar peso a cada criterio de acuerdo con el grado de importancia, para lo cual se puede emplear varias técnicas dentro de las que se propone los procedimientos sugeridos por Saaty (1980), que constituyen la base de la metodología multicriterio conocida por PAJ. Este procedimiento requiere de la comparación simultánea de sólo dos objetivos, es decir una comparación de valores subjetivos por «parejas».

Los valores numéricos que propone aplicar Saaty son los siguientes:

Tabla 3. Valores propuestos por Saaty.

Valores	Significación
1	Igualmente preferente
2	Entre igualmente preferente y moderadamente preferente
3	Moderadamente preferente
4	Entre moderadamente preferente y fuertemente preferente
5	Fuertemente preferente
6	Entre fuertemente preferente y muy fuerte
7	Muy fuerte

Fuente: Delgado (2008).

6. Calcular el valor esperado para cada alternativa, no es más que la suma ponderada de cada criterio; es decir, sería la sumatoria de cada multiplicación del peso por el valor previamente normalizado, llevado a una expresión matemática así:

$$Max S_j = \sum_{j=1}^n W_j r_i$$

Donde, W, j, r, i, hacen referencia a cada uno de los criterios evaluados.

7. Seleccionar la alternativa de mayor valor esperado, que sustancialmente se refiere a seleccionar la alternativa que mayor valor haya obtenido en el paso anterior.

Con base en el anterior método se construye el modelo matemático, teniendo en cuenta cada uno de los elementos que conforman el método multicriterio, por lo tanto su resultado es:

1. Relación de criterios utilizando PAJ. Haciendo uso de los valores propuestos por Saaty (ver Tabla 3), se obtiene los valores (PAJ) para cada una de las relaciones que existen entre los cuatro criterios evaluados en la investigación; por ejemplo, la relación existente entre “beneficio – costo” posee el valor máximo

de 7, lo cual significa que existe una muy fuerte relación, mientras que la relación inversa “costo – beneficio” posee el valor inverso de 1/7, para conservar la normalización entre los criterios evaluados, la cual se presenta en la siguiente tabla de relaciones de criterios:

Tabla 4. *Relación de criterios.*

Relación	Valor (PAJ)	Definición (PAJ)
Beneficio - Costo	7	Muy fuerte
Beneficio - Tiempo	5	Fuertemente preferente
Beneficio - Calidad	6	Entre muy fuertemente preferente y muy fuerte
Costo - Beneficio	1/7	INV. muy fuerte
Costo - Tiempo	5	Fuertemente preferente
Costo - Calidad	4	Entre moderadamente preferente y fuertemente preferente
Tiempo - Beneficio	1/5	INV. fuertemente preferente
Tiempo - Costo	1/5	INV. fuertemente preferente
Tiempo - Calidad	1/7	INV. muy fuerte
Calidad - Beneficio	1/6	INV. entre fuertemente preferente y muy fuerte
Calidad - Costo	1/4	INV. entre moderadamente preferente y fuertemente preferente
Calidad - Tiempo	7	Muy fuerte

2. Pesos ponderados para cada criterio. Teniendo en cuenta la anterior tabla de las relaciones entre criterios, se procede a elaborar los pesos ponderados; el proceso consiste en hallar el valor máximo entre las relaciones de los criterios; posteriormente se aplica las

fórmulas planteadas en el paso 4 ya mencionado, concerniente a la normalización de los criterios, para finalmente establecer el valor de su peso ponderado por cada uno de los criterios que posee el sistema.

Tabla 5. *Pesos ponderados.*

Alternativa	Beneficio	Costo	Calidad	Tiempo	Máximo	Peso
Beneficio	1	7	6	5	7	0,35
Costo	1/7	1	4	5	5	0,25
Calidad	1/6	1/4	1	7	7	0,35
Tiempo	1/5	1/5	1/7	1	1	0,05

3. Matriz de decisión, donde Peso son los valores que refiere la anterior tabla, los cuales se multiplican por los valores presentados en los criterios en cada alternativa.

Tabla 6. *Matriz de decisión.*

Pesos	0.35	0.25	0.05	0.35
Alternativas/Criterios	Beneficio	Costo	Tiempo	Calidad
A1	B1* 0.35	C1* 0.25	T1* 0.05	CA1* 0.35
A2	B2* 0.35	C2* 0.25	T2* 0.05	Ca2* 0.35
An	Bn* 0.35	Cn* 0.25	Tn* 0.05	Can* 0.35

4. Calcular el valor esperado para cada alternativa.

$$An = \sum_{i=1}^n (Bn * 0.35) + (Cn * 0.25) + (Tn * 0.05) + (CAn * 0.05)$$

Donde:

An=alternativa

Bn=Beneficio de cada alternativa

Cn=Costo de cada alternativa

Tn=Tiempo de cada alternativa

CAn=Calidad de cada alternativa

Con la obtención del modelo matemático se procedió a la construcción de un sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales que incorpore dicho modelo, y para el diseño y elaboración de este sistema, se utilizó el proceso de desarrollo prototipo – evolutivo. Según Pressman (2010), “el modelo evolutivo es iterativo. Se caracteriza por la manera en la que permite desarrollar versiones cada vez más completas del software”, y que además, facilitará el crecimiento de la información de forma controlada y consistente, convirtiéndose así en una herramienta capaz de satisfacer las necesidades del usuario. Igualmente, la forma en que se planteó el sistema es la técnica cliente/servidor, teniendo en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales, como también el uso de los diagramas resultantes para el diseño del sistema, en los que se visualiza cada uno de los roles utilizados en el sistema, y que permite

observar la interfaz diseñada con una explicación de cada uno de sus aspectos.



Figura 5. **Prototipado - Evolutivo.**

Fuente: Zachman (1999).

Finalmente, para la medición del nivel de optimización en los procesos de toma de decisiones se desarrolló dos encuestas comparativas que permitieron conocer información respectiva al desarrollo del proyecto, haciendo alusión al cuarto objetivo de la investigación (Sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales utilizando árboles de decisión). Se presentó la información de los empresarios para la medición de la optimización del proceso de toma de decisiones, se explicó los datos obtenidos en las encuestas, como también el manejo de datos utilizando análisis estadístico expresado en tablas e histogramas; igualmente, se dio a conocer el cruce de variables en la encuesta como comparación de cada uno de ellos y el porcentaje de optimización obtenido, teniendo como resultado los porcentajes de optimización en los cuatro criterios que fueron fundamentales para la toma de una decisión empresarial, y de esta manera solucionar el problema de investigación, que está directamente relacionado con el problema de la toma de decisiones empresariales; como lo citan Fabregas y Castellanos (2007), el camino para la toma de decisiones está compuesto por unos pasos consecutivos claves que de alguna manera garantizan que se logrará superar el problema.

Tabla 6. *Nivel de optimización en los procesos de toma de decisiones con el uso del sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales utilizando árboles de decisión.*

Criterio	Optimización de criterios expresado en porcentaje
Tiempo	89.3%
Certeza	85.7%
Riesgo	67.8%
Satisfacción	89.3%

4. Discusión

Las empresas nariñenses se deben encaminar hacia el uso de las TIC, siendo éstas fundamentales para alcanzar niveles óptimos de competitividad,

dejando atrás los modelos empíricos para encauzarse al uso de la fundamentación teórica; como lo cita Castillo (2009), la toma de decisiones analiza los diferentes tipos de decisiones, como también las reglas fundamentales para la toma de decisiones utilizando métodos y procedimientos matemáticos con el fin de optimizar los procesos en la toma de decisiones.

La articulación consecuente entre las TIC y los conceptos teóricos acerca de la toma de decisiones empresariales contribuye a la mejora del sector empresarial de la región, mediante el uso de la modelación matemática y su posterior aplicación en cada uno de los procesos de toma de decisiones empresariales. Asimismo, el acoplamiento de los modelos matemáticos en la tecnología, origina aplicaciones informáticas que permiten apoyar las diferentes actividades que se presenta en una empresa.

En este sentido, la investigación en curso toma una mayor relevancia porque se genera una reflexión para determinar nuevamente cuáles son los criterios que se debería tener en cuenta para los procesos de toma de decisiones empresariales y su posterior modelación con base en la matemática. Como lo citan Robbins y Coulter (2005), la toma de decisiones no sólo debe ser tomada de forma particular deben ayudarse de reglas prácticas o métodos heurísticos para simplificar el proceso, para que en seguida se pueda incorporar en una aplicación informática; de esta forma SUCCESS se convierte en una aplicación web, que permite apoyar el proceso de toma de decisiones.

Un aspecto importante en el éxito de la herramienta informática es lograr la incorporación del uso de las TIC en todos los procesos empresariales, siendo la toma de decisiones uno de ellos; de esta forma, el beneficio que se obtiene en el sector empresarial es transparente y significativo. La incorporación de la tecnología en el ambiente empresarial en la ciudad de San Juan de Pasto permitirá a los diferentes actores modificar sus actividades y procesos relacionados con la toma de decisiones, obligando a un cambio de roles; estos cambios se deben hacer mediante una estrategia que disminuya y permita alcanzar una aproximación a la relación armónica entre la tecnología, la modelación matemática y los procesos empresariales, sin olvidar que existe una resistencia al cambio por naturaleza.

El proceso de validación del uso de la aplicación web SUCCESS se hace mediante la práctica en cada una de las empresas del sector empresarial de esta ciudad, es decir, que se debe generar un ambiente donde los empresarios de la región conozcan la aplicación y la optimización que ésta genera en el proceso de toma de decisiones empresariales.

5. Conclusiones

Las pequeñas y medianas empresas de esta ciudad poseen un bajo conocimiento en herramientas computacionales que permitan agilizar el proceso de toma de decisiones; es por esto que las decisiones son tomadas de forma empírica, basadas en la experiencia, lo cual conlleva a que las decisiones tomadas presenten un alto riesgo y un bajo nivel de satisfacción; es decir, dichos empresarios no tienen un alto grado de certeza en la decisión tomada.

Se observa que con la utilización del sistema de soporte para la toma de decisiones empresariales, cada uno de los criterios involucrados en el proceso empresarial de la toma de decisiones como: tiempo, certeza, riesgo y satisfacción, generaron una optimización del 89.3%, 85.7%, 67.8% y 89.3% respectivamente, lo cual permite a las empresas optimizar el proceso de la toma de decisiones empresariales, y de esta forma ser competitivos en el medio regional, nacional e internacional.

Se hace necesaria la incorporación de las TIC en el ámbito regional, debido a que los procesos de toma de decisiones en su mayoría están basados en la experiencia y en la subjetividad, por lo que se evidencia un atraso tecnológico.

El uso de la modelación matemática y su incorporación en los sistemas de toma de decisiones empresariales, permiten a las empresas optimizar de manera adecuada sus procesos, con el objetivo de aportar a la competitividad empresarial a nivel regional.

Referencias Bibliográficas

- Aleph5. (2010). *Sistemas para la toma de decisiones (STD)*. Consultado el 2 de febrero de 2012, <http://www.aleph5.com>
- Cachero, M. (1989). *Análisis y adopción de decisiones*. Madrid, España: Pirámide.
- Castillo, F. (2009). *Toma de decisiones en condiciones de certeza, incertidumbre y riesgo*. Recuperado el 22 de noviembre de 2009, de <http://blog.pucp.edu.pe/item/79396/toma-de-decisiones-en-condiciones-de-certeza-incertidumbre-y-riesgo>
- Delgado, A. (2008). *Toma de decisiones empresariales con el apoyo de la Investigación de Operaciones*. Tesis presentada para optar el título de Licenciada en Economía. UMCC. Cuba.
- Fabregas, G. & Castellanos, M. (2007). *Técnicas de decisiones y sus procesos*. Preámbulo. Toma de Decisiones. Recuperado el 16 de marzo de 2012, de <http://tecnicasdedecision.blogspot.com/>.
- Gallardo, J. (1998). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Horngren, Ch., Foster, G. & Datar, S. (2007). *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*. México, D.F.: Pearson Educación.
- Kenneth, M. (1970). *Diseño de productos y teoría de la decisión*. México D.F.: Herrero hermanos, sucesores, S.A
- Muñoz, S. (2006). Sistema de apoyo al proceso de toma de decisiones de inversión en tecnología según el modelo de Kepner y Tregoe. *Pensamiento y Gestión*, (21), 49-92.
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería de software un enfoque práctico* (7ma. Ed.). Madrid, España: McGraw Hill.
- Robbins, S. & Coulter M. (2005). *Administración* (8va. Ed.). México D.F.: Pearson prentice Hall.
- Saaty, T. (1980). *The Analytical Hierarchical Process*. Pittsburgh, USA: McGraw-Hill.
- Zachman, J. (1999). *El modelado de las empresas: la arquitectura de Zachman*. Estados Unidos: Zachman Institute for Framework Advancement.