

Selección de proveedor de WMS utilizando método AHP

WMS Suppliers selection using AHP Method

Pedro Daniel Medina Varela, Eduardo Arturo Cruz Trejos, Rodrigo Andrés Gómez Montoya.

Faculta de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológico de Pereira, Pereira, Colombia

pemedin@utp.edu.co

ecruz@utp.edu.co

ragomez@elpoli.edu.co

Resumen— Este artículo tiene como objetivo utilizar una metodología de AHP para apoyar decisiones de selección de proveedores de plataformas WMS en el CEDI buscando incrementar potencialmente la eficiencia y satisfacción de los requerimientos del cliente. Para alcanzar el objetivo se utilizó la metodología AHP basada en la estructuración de árbol jerárquicos, objetivos, criterios y alternativas, a los cuales, posteriormente, se les determina la importancia relativa para apoyar la selección de la plataforma WMS de un proveedor. Como resultado, se establece la importancia de la utilización de métodos de análisis de decisiones AHP basado en modelos cuantitativos y la experiencia de los decisores para seleccionar plataformas WMS de proveedores. Inclusive, en el caso de estudio la empresa de cárnicos seleccionó un desarrollo propio para implementar un WMS, ya que esta alternativa obtuvo una prioridad del 64.8% respecto a las alternativas de selección de un proveedor internacional con una prioridad del 25.3% y proveedor local del 9.9%.

Palabras clave— CEDI(Centro de Distribución), WMS(Warehouse Management System), análisis de decisiones, AHP(Analytic Hierarchy Process)

Abstract— This paper aims to use AHP methodology to decisions support selection of WMS platform providers CEDI in the CEDI searching for potentially increase the efficiency and customer requirements satisfaction. To achieve the goal we used the AHP methodology based on hierarchical tree structure, objectives, criteria and alternatives, which are subsequently to determine its relative importance to support the selection of a vendor's WMS platform. As a result, establishing the importance of using decision analysis methods based on quantitative models AHP and decision makers experience to select WMS platforms providers. Even in the case study company selected inhouse development to implement a WMS, since this alternative was a priority of 64.8% compared to the alternatives of selecting an international provider selection with a priority of 25.3% and local provider 9.9%.

Key Word —DC(Distribution Center), WMS(Warehouse Management System), Decision Analysis, AHP(Analytic Hierarchy Process)

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Centro de Distribución (CEDI) es un proceso logístico que tiene un impacto en la satisfacción de los requerimientos de los clientes y la eficiencia de la cadena de suministro, de allí, la importancia de su adecuado diseño, operación y mejoramiento en el tiempo [1][2]

Para facilitar la adecuada operación del CEDI cobra importancia la utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como el WMS (*Warehouse Management System*), que apoya la planeación, ejecución y control de las operaciones del CEDI a través de la captura, procesamiento y análisis de datos que obtienen de este proceso logístico buscando reducir los costos, aumentar la prestación del servicio al cliente y agilizar las operaciones [3][4].

En el ámbito de Colombia estudios logísticos realizados por el SENA [4] y el DNP (Departamento Nacional de Planeación)[5] indican la importancia de la utilización de TIC como WMS para contribuir a la productividad y eficiencia de los CEDI y sistemas logísticos empresariales, lo cual, impacta la competitividad de las empresas. Adicionalmente, el estudio desarrollado por el SENA indica que solo un 31% de las empresas diagnosticadas utilizan sistemas WMS, lo cual, evidencia la oportunidad de que este tipo de TIC sean implementada en las empresa colombianas de diferentes sectores.

Debido a la importancia del WMS en la planeación, operación y control de la gestión, operaciones y recursos del CEDI, las empresas cuando deciden implementar este tipo de TIC deben tomar decisiones acerca de la selección de las características y proveedores del WMS. Para apoyar las decisiones se pueden utilizar técnicas basadas en la experiencia de expertos en TIC logísticas o emplear técnicas de análisis de decisiones como el AHP(*Analytic Hierarchy Process*), el cual, se basan en un método cuantitativo, criterios y alternativas para apoyar decisiones que permita tomar decisiones que contribuyan a los objetivos de la empresa, y en este caso la selección de un WMS para el CEDI[7]. Inclusive, la utilización de métodos de análisis de AHP permiten combinar la experiencia del decisor y la utilización de métodos cuantitativos de investigación de

operaciones para apoyar decisiones empresariales, y en procesos logísticos [8][9].

Por los motivos expuestos, el presente artículo tiene como objetivo utilizar una metodología de AHP para apoyar decisiones de selección de proveedores de plataformas WMS en CEDI buscando que estos aumenten potencialmente la eficiencia y satisfacción de los requerimientos del cliente. El público del artículo, son profesionales, investigadores y personas en general interesadas en la utilización del método AHP para la selección de TIC WMS para CEDI.

La metodología que se emplea para alcanzar el objetivo propuesto se basa en la utilización de información primaria y secundaria. La información secundaria consiste en la revisión de los conceptos, generalidades y características de los WMS y la adaptación de una metodología AHP para apoyar la decisión de las características del WMS. Respecto a la información primaria, se obtiene de un CEDI de una empresa mediana de Cárnicos ubicados en la ciudad de Medellín, la cual, se toma como referencia para aplicar el método AHP para apoyar decisiones en la selección de un WMS.

El artículo se estructura en cuatro capítulos. El capítulo I, se presentan los conceptos generales, características y funcionalidades del WMS y la relación el AHP; en el capítulo II, se presenta la metodología AHP para apoyar decisiones de selección AHP, en el capítulo III se realiza el análisis y discusión de los resultados, y en el capítulo IV se establecen las conclusiones obtenidas del artículo.

II. WMS Y AHP (Analytic Hierarchy Process) en el CEDI

Según Ballou [13], el WMS es un sistema de información que ayuda en la administración del flujo del producto e información dentro del proceso de almacenamiento. Considerando funciones tales como: a) Recepción; b) Almacenamiento; c) Administración de inventarios; d) procesamiento de órdenes y cobros y e) preparación de pedidos. El WMS puede también puede ser definido como una TIC que permite gestionar el almacenamiento y movimiento de productos dentro del almacén y operaciones como recepción, inventario, preparación de pedidos, despacho entre otros[15]

Respecto a las funcionalidades del WMS autores como: Faber, Koster, y Van de Velde[10], Frazelle [12], Ballou [13], Correa, Gómez y Cano[14] es una TIC generalmente transaccional, que tiene funcionalidades que apoyan la planeación, ejecución y control de las operaciones y recursos del CEDI basándose en la captura, procesamiento, almacenamiento y análisis de datos de este proceso logístico. A continuación, se presentan las funcionalidades

típicas del WMS basándose en los autores antes descritos (ver Figura.1)

Captura e identificación de productos en la operación de recepción y acomodo en el CEDI	Asignación de posiciones de almacenamiento o <i>slotting</i> en tiempo real y asociado al inventario.
Creación de <i>Advanced Shipment Notification (ASN)</i> para la recepción de productos y entrega de proveedores	Asignación de posiciones de almacenamiento o <i>slotting</i> en tiempo real y asociado al inventario.
Administración de inventarios en tiempo real en las posiciones de almacenamiento del CEDI, e inclusive en los medios de transporte en los patios	
Preparación de pedidos utilizando diferentes técnicas como: olas, lotes, preparación por zonas que permitan cumplir con los requerimientos del cliente de una manera eficiente y utilizando los recursos disponibles.	
Programación actividades, personal, asignación de equipos de manejo de materiales, establecimiento de costos, entre otros.	
Administración de patios, inventarios de <i>trailers</i> ubicados fuera del depósito, puertos a asignar a camiones, y programación, registro y control de operaciones de <i>crossdocking</i> tanto en la entrada y salida de <i>trailers</i> .	
Capturar, almacenar, procesar y generar análisis de las operaciones y recursos del CEDI para apoyar decisiones en su gestión.	
Conexión con otras TIC como ERP, código de barras y RFID que contribuyan al mejoramiento del CEDI	

Figura 1 Funcionalidades del WMS

Fuente: Elaboración propia

Para seleccionar las características o funcionalidades de un WMS que contribuya potencialmente en el mejoramiento de la productividad y eficiencia del CEDI, la empresa debe realizar un análisis técnico que permite apoyar decisiones que permitan seleccionar el enfoque más apropiado para esta TIC.

Para apoyar el análisis y las decisiones para seleccionar las funcionalidades o proveedor de la plataforma WMS, se puede utilizar la técnica de análisis de análisis de criterio denominada AHP que es definido por” Berumen y Llamazares [16] :“ Un método lógico y estructurado que mejora la toma de decisiones complejas, mediante la descomposición del problema discreto en una estructura jerárquica que es aplicable a diferentes decisiones empresariales.

Una ventaja del AHP es que combina la experiencia y conceptos decisiones con métodos cuantitativos multicriterios, lo cual, mejora la capacidad de toma de decisiones en diferentes proceso, incluyendo la selección de WMS en los CEDI[7][8][16]

El método AHP aplicable a la selección de las características y proveedores del WMS generalmente tiene una estructura que se basa en la esquematización de la jerarquía del problema de forma visual, donde se representa objetivo del problema, los distintos criterios de decisión y las alternativas. Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan las comparaciones cuantitativas por pares de criterios, subcriterios y alternativas y se establecen valores numéricos a las preferencias señaladas por los analistas para apoyar las decisiones referentes al WMS[8][9]

Finalmente, presentadas los conceptos y funcionalidades del WMS, y la relación con el AHP como método de apoyo de decisiones, se identifica la importancia de esta TIC y la identificación de modelos cuantitativo que faciliten la selección de sus características y proveedores.

III. METODOLOGÍA AHP EN SELECCIÓN DE WMS

Este capítulo tiene como objetivo desarrollar la metodología para seleccionar el proveedor de una plataforma WMS para el CEDI de una empresa mediana dedicada a la fabricación y comercialización de aproximadamente 1.5 Toneladas Cárnicos por mes en la Ciudad de Medellín.

En la actualidad la empresa se encuentra en un proceso de mejoramiento del CEDI el cual incluye la implementación de un WMS que permita agilizar y apoyar la planeación, ejecución y control de las operaciones logísticas buscando aumentar la eficiencia y satisfacción de los requerimientos de los clientes.

La empresa en la actualidad tiene tres alternativas un WMS de un proveedor local, un proveedor internacional o realizar un desarrollo propio que implica contratar consultores y desarrolladores de software. Debido al impacto de la decisión, se toma la decisión de utilizar el método AHP que cual permitirá apoyar la decisión de seleccion y servir como base para desarrollar una investigación aplicada cuyos resultados se presentan en el presente artículo

A continuación, se realiza una representación de la metodología AHP a desarrollar(ver Figura 2)

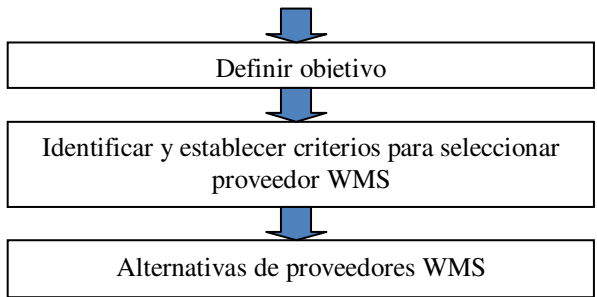
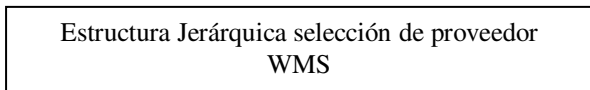


Figura 2 Estructura metodología AHP
Fuente: Elaboración propia

- Estructura jerárquica del problema selección del proveedor de plataforma WMS

A continuación, se presenta la estructura jerárquica del problema de selección del proveedor de la plataforma WMS para la empresa de cárnicos en estudio, la cual, se compone del objetivo, criterios y alternativas de decisión (ver Figura 3)

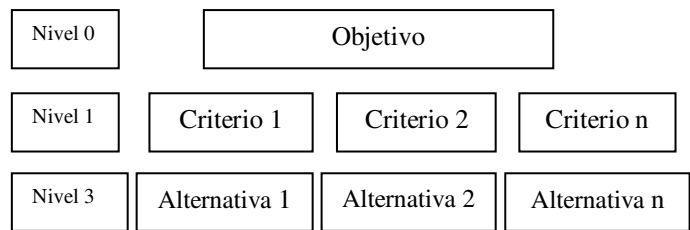


Figura 3 Estructura Árbol Jerárquico AHP
Fuente: Elaboración propia

La justificación de los diferentes componentes de la jerárquica, se desarrollan en las siguientes etapas que conforman la metodología para apoyar la decisión de seleccionar el proveedor con la plataforma WMS más apropiada para la empresa.

- Objetivo en el CEDI

Se establece el objetivo que se pretende alcanzar con la decisión a tomar en el CEDI. En el presente caso el objetivo consiste en seleccionar la plataforma WMS de un proveedor que cumpla con los criterios establecidos por la empresa para contribuir potencialmente el aumento de la eficiencia del CEDI y satisfacción de los requerimientos de los clientes.

- Criterios para selección plataforma WMS de un proveedor

Una vez establecido el objetivo, el analista procede a identificar y determinar los criterios que facilitan la toma de decisión de la

selección de una plataforma WMS de un proveedor para la empresa de Cárnicos.

A partir de una revisión de WMS existentes en el mercado y la literatura, el concepto del consultor en logística de la empresa, y los resultados de un diagnóstico del CEDI se establecen los siguientes criterios en los que se basa la decisión de selección de la plataforma WMS a un proveedor existente en el mercado.

Criterio 1: Funcionalidades para planear, apoyar la ejecución y control de las operaciones del CEDI

Criterio 2: Impacto potencial en aumento de la eficiencia

Criterio 3: Costo de adquisición del WMS

Criterio 4: Experiencia y reconocimiento del proveedor del WMS en el mercado.

Los criterios son aspectos determinantes y relevantes que se tienen en cuenta en las decisiones de la selección de la plataforma WMS de un proveedor para la empresa, de allí, la importancia de su adecuada selección

- Alternativas de plataforma de WMS de proveedores

A partir de una exploración de proveedores en el mercado nacional e internacional, se identificaron tres plataformas WMS que pueden ser adquiridas por la empresa. Debe indicarse, que una de las alternativas es un desarrollo propio o *inhouse* del WMS.

A continuación, se describen las tres alternativas de plataforma WMS ofrecidas por proveedores a la empresa de cárnicos

Alternativa 1: WMS proveedor Local: Es una empresa colombiana con experiencia de 5 años en el mercado, con 8 WMS implementados en CEDI empresas del País, con un costo adquisición menor que la empresa internacional, y funcionalidades logísticas del WMS básicas para apoyar decisiones de planeación, ejecución y control del CEDI, incluyendo modulo de captura de datos con código de barras.

Alternativa 2: WMS proveedor Internacional: Es una empresa multinacional con presencia en América, Europa y Asia, con más de 18 años de experiencia en el mercado, más 2500 clientes atendidos, con un costo de adquisición alto respecto a la alternativa del proveedor local y el desarrollo propio. La ventaja, de este WMS es que contiene módulos transaccionales y avanzados para apoyar decisiones de planeación, ejecución y control del CEDI. También, incluye modulo de captura de datos con código de barras, acceso web, entre otras características que permiten clasificarlo como un WMS de clase mundial.

Alternativa 3: WMS desarrollo propio: Esta alternativa consiste en contratar un equipo consultor experto en CEDI y desarrolladores de software para diseñar e implementar el

WMS. Esta alternativa es la más baja en costo debido a que no se deben pagar las licencias del WMS del proveedor local e internacional. Adicionalmente, permite modelar las particularidades y características de la gestión, operaciones y recursos del CEDI a un menor costo y esto puede facilitar el aumento de la eficiencia de este proceso logístico, ya que se considera módulos para captura de datos con código de barras, acceso de datos en tiempo real, entre otros. Entre las desventajas del desarrollo propio es la estabilidad y tiempos de implementación del WMS.

- Solución del método AHP para seleccionar plataforma WMS de un proveedor.

Para obtener la importancia relativa de los cuatro criterios de selección de la plataforma WMS y una de las tres alternativas de proveedores locales, internacional o desarrollo propio, se consideran los siguientes cálculos

Determinación la importancia relativa de los criterios respecto al objetivo realizando comparación por pares de criterios establecidos respecto al objetivo de seleccionar la plataforma WMS de un proveedor utilizando la escala de Saaty [17]

Tabla 1 Tabla de comparación de criterios respecto a objetivo de selección WMS

Si x es...que y	Calificación
Igualmente importante	1
Moderado	3
Fuerte	5
Muy Fuerte	7
Extremadamente Fuerte	9

Adaptado de: Saaty (1980).

Esta comparación, se realiza con la opción Assessment - pairwise del Expert Choice®, la cual, considera la escala de Saaty.

Determinación de la importancia relativa de las alternativas respecto a los criterios para seleccionar la plataforma WMS de un proveedor a través de una matriz de pagos de alternativas. Se tienen 2 opciones:

Opción 1: Si se tienen los datos de las alternativas vs criterios (matriz de pagos), se normalizan los valores Z_{ij} a valores a_{ij} para cada criterio j , siendo n el número de alternativas):

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} = 1$$

Opción 2: Si no se cuenta con la matriz de pagos, el decisor realiza comparaciones para formar una matriz $n \times n$ de

importancia relativa entre alternativas, semejante a la de los criterios.

En el presente caso, se emplea la opción 2, y se construye la matriz de pagos utilizando el software Expert Choice® para modelar la decisión de selección del WMS

Por último se determinan de las evaluaciones totales de las alternativas. La evaluación definitiva de cada alternativa respecto al objetivo de seleccionar la plataforma WMS de un proveedor.

$$V_j(A_k) = \sum_{i=1}^q p_i * a_{ki}$$

donde los pi corresponden a las ponderaciones o importancia relativa de cada criterio, y los aki son los valores normalizados de la comparación de las alternativas respecto a los criterios para seleccionar la plataforma del proveedor.

En Expert Choice ®, las evaluaciones totales de alternativas, se obtienen a través del modulo Synthesize- With respect to goal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para implementar la metodología AHP, inicialmente, se ingresa el objetivo, criterios y alternativas al Expert Choice ®, para posteriormente solucionar el método AHP y apoyar la decisión que permita seleccionar la plataforma WMS de un proveedor(ver Figura 4)

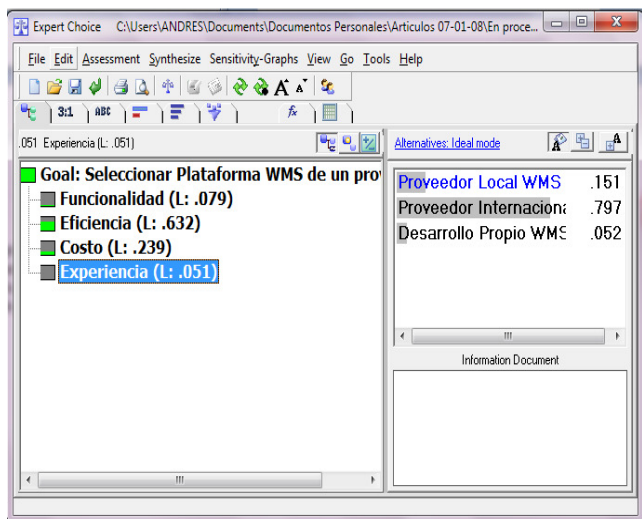


Figura 4 Objetivos, criterios y alternativas en Expert Choice ®

Fuente: Elaboración propia

- Determinación de la importancia relativa de los criterios respecto al objetivo de seleccionar plataforma WMS de un proveedor

Para realizar la comparación Expert Choice® se debe ingresar a la opción *Assessment* y a la opción *Pairwise*. Posteriormente, se selecciona el tipo de valoración o evaluación verbal representada por el símbolo ABC (ver Figura 5)

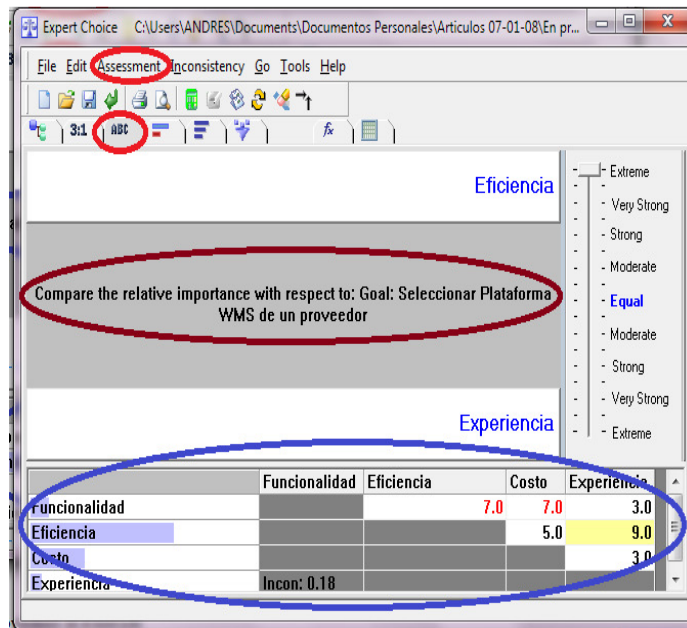


Figura 5 Comparación de criterios respecto a objetivo en Expert Choice®

Fuente: Elaboración propia

De la comparación realizada con el modulo *Assessment* y el método *Pairwise* del Expert Choice®, se obtiene que:

El criterio eficiencia del CEDI es más fuerte que el criterio funcionalidad del WMS respecto al objetivo de selección de la plataforma WMS

El criterio Eficiencia del CEDI al implementar el CEDI es fuerte respecto al criterio costo de adquisición respecto al objetivo de selección de la plataforma WMS a un proveedor

El criterio costo es moderado respecto a la experiencia del proveedor en el mercado en la implementación de WMS respecto a la selección de la plataforma por la empresa de cárnicos.

Una vez, se realiza la comparación por pares de los cuatro criterios establecidos respecto al objetivo de seleccionar la plataforma WMS de un proveedor para la empresa de cárnicos, se procede a establecer la importancia relativa de cada uno de los criterios utilizando la función calculadora (ver Figura 6)

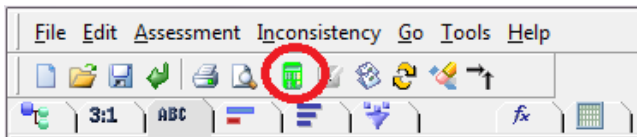


Figura 6 Obtener importancia relativa criterios Expert Choice®

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan el valor de las prioridades de los criterios respecto al objetivo para seleccionar la plataforma WMS de un proveedor (ver Figura 7)

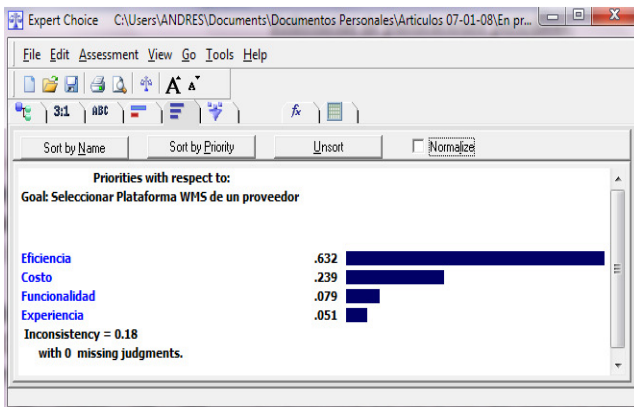


Figura 7 Prioridades criterios Expert Choice®

Fuente: Elaboración propia

En el presente caso, el criterio de impacto potencial en aumento de la eficiencia es el que mayor importancia tiene sobre la selección de una plataforma WMS de un proveedor con una prioridad del 0.632(63.2%), seguido del criterio de costo de adquisición de la plataforma WMS con una prioridad del 0.239(23.9%). Finalmente, los criterios funcionalidad del WMS y experiencia del proveedor presentan importancias relativas bajas con valores de 0.079(7.9%) y 0.051(5.1%). Esto puede justificarse desde la perspectiva que la empresa de Carnicos busca aumentar la eficiencia del CEDI utilizando un WMS con un costo de adquisición que se adecue a las capacidades de inversión de la empresa.

En el presente caso se tiene una inconsistencia de 0.18, que se considera adecuada porque es un valor inferior a 0.20, y las prioridades relativas obtenidas son calificadas como apropiadas por analistas encargados de seleccionar la plataforma WMS de un proveedor para la empresa de Carnicos.

A continuación, se realiza la Comparación de cada una de las alternativas respecto a los criterios de decisión, con el fin de obtener la importancia relativa de las alternativas que permite seleccionar si adquirir la plataforma WMS al proveedor local(alternativa 1), proveedor internacional(alternativa 2) o desarrollo propio(alternativa 3).

Para realizar esta evaluación o valoración en el software Expert Choice®, debe regresarse a la ventana *model view*, seleccionar un criterio y una alternativa (ver **Figura 8**).

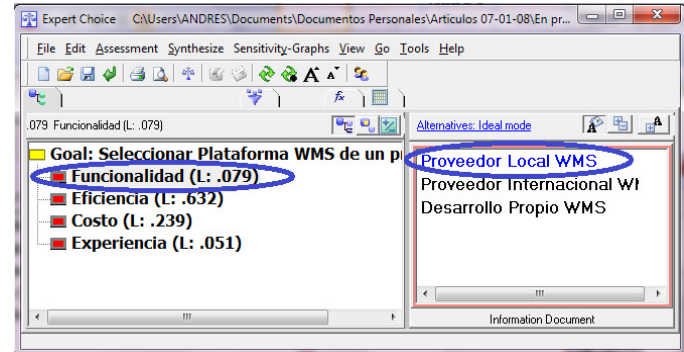


Figura 8 Comparación de alternativas respecto a criterios Expert Choice®

Fuente: Elaboración propia

Una vez se realizada la selección, se debe hacerse click en la opción *Assessment-Pairwise* con el fin de evaluar la importancia de cada una de las tres alternativas de proveedores respecto cada uno de los cuatro criterios para la selección de la plataforma WMS para la empresa de cárnicos en estudio.

La comparación de cada par de alternativas de proveedores respecto al criterio de la selección de la plataforma WMS, se realiza de manera similar a la comparación de criterios respecto al objetivo. Por estos motivos, se debe determinar para cada par de alternativas de proveedores cual tiene mayor importancia relativa respecto a cada uno de los cuatro criterios de selección de la plataforma WMS para la empresa de cárnicos. Por estos motivos, se deben modelar cuatro tablas de comparación de los pares de alternativas para cada uno de los cuatro criterios de selección de la plataforma WMS en el CEDI de la empresa de cárnicos.

A continuación, se presenta el modelamiento realizado en el software Expert Choice® para la comparación por pares de alternativas de las tres alternativas de proveedores de la plataforma WMS respecto al criterio de funcionalidad del WMS (ver **Figura 9**)

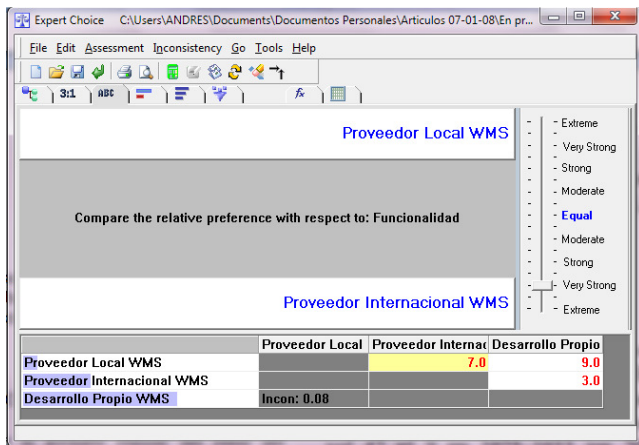


Figura 9 Comparación por pares de alternativas respecto a criterios Expert Choice®
Fuente: Elaboración propia

Para la comparación por pares de las tres alternativas respecto al criterio funcionalidad del WMS, se obtienen algunas evaluaciones como:

El proveedor internacional tiene funcionalidades más fuertes (7.0) respecto al proveedor local, lo cual, lo convierte en una mejor opción para la empresa. Por su parte, el desarrollo propio tiene funcionalidades moderadamente mejores (3.0) respecto al proveedor internacional, ya que estas son a la medida del CEDI de la empresa de cárnicos

Estas mismas comparaciones por pares de alternativas, se realizan para los tres criterios restantes (eficiencia, costo y experiencia) de selección de la plataforma de un proveedor para la empresa de cárnicos.

Una vez realizadas comparaciones de las alternativas respecto a los criterios de selección, se obtiene la importancia relativa de las alternativas respecto al objetivo de seleccionar la plataforma WMS de un proveedor para la empresa de cárnicos. Para sintetizar los resultados en Expert Choice® debe realizarse *click en model view, Synthesize* y se selecciona la opción *With Respect to Goal* (ver Figura 10)

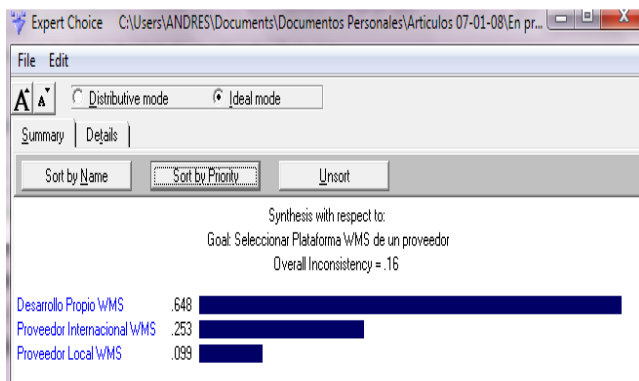


Figura 10 Importancia relativa alternativas Expert Choice®
Fuente: Elaboración propia

A partir de la priorización de las tres alternativas para adquirir e implementar la plataforma WMS para el CEDI de la empresa de Cárnicos, los analistas sugieren que se realice el desarrollo propio del WMS con una prioridad del 0.648(64.8%), seguido por la adquisición al proveedor internacional con una prioridad de 0.253(25.3%), y la última opción sería el proveedor local con una prioridad del 0.099(9.9%).

De esta manera, puede establecerse utilizando el método AHP que la empresa debe desarrollar el WMS con un equipo de consultores expertos en CEDI y desarrolladores de software, ya que de esta manera se puede contribuir al aumento de la eficiencia de este proceso logístico a un costo de adquisición del WMS que se adapte a la capacidad de inversión del CEDI. Inclusive, los ahorros por desarrollo propio respecto al proveedor local e internacional se encuentran entre 20 y 60 millones aproximadamente debido a costos de licencia y valor hora de consultores de las empresas, por lo cual que vuelve atractivo el desarrollo propio.

Adicionalmente, el desarrollo propio permite desarrollar funcionalidades del WMS a la medida de la empresa aunque una desventaja que se puede tener es el tiempo de desarrollo e implementación, y algunos errores en el funcionamiento al inicio del funcionamiento de la plataforma debido a la madurez y estabilidad.

V. CONCLUSIONES

Del artículo, se identifica la importancia del CEDI y la utilización de TIC como el WMS para apoyar la gestión de este proceso logístico para que este opere con eficiencia y se realice una adecuada prestación del servicio al cliente en la cadena de suministro.

Del artículo, se obtiene que el WMS es una TIC que apoya la planeación, ejecución y control de las operaciones y recursos del CEDI buscando reducir costos de operación, aumento en la satisfacción de los requerimientos del cliente y agilidad en este proceso logístico. Debido a la complejidad en la selección de las características y alternativas de proveedores en el mercado las empresas deben tomar decisiones que permitan elegir plataformas WMS que contribuyan a la eficiencia del CEDI y se adecuen a la capacidad de inversión de las empresas. Por estos motivos, del artículo se establece la importancia de la utilización de modelos de análisis de decisiones multicriterio como el AHP que apoyen con métodos cuantitativos la selección de este tipo de plataformas tecnológicas WMS considerando criterios técnicos y económicos.

Del caso de aplicación del método AHP para seleccionar el proveedor de una plataforma WMS para una empresa de Cárnicos, se puede concluir la importancia de la utilización de métodos de análisis de decisiones basado en modelos cuantitativos y la experiencia de los decisores. Inclusive, en el caso de estudio la empresa de cárnicos seleccionó un desarrollo propio para implementar un WMS, ya que esta alternativa obtuvo una prioridad del 64.8% respecto a las alternativas de selección de un proveedor internacional con una prioridad del 25.3% y proveedor local del 9.9%. Adicionalmente, la decisión de esta selección se soportó en la importancia relativa de los criterios de contribución a la eficiencia con una prioridad del 63.2% y el costo de adquisición con una prioridad del 23.9%. De esta manera, se obtienen decisiones basadas en métodos cuantitativos que mejoran las capacidades de seleccionar este tipo de TIC críticas en los CEDI en la cadena de suministro.

Como trabajo futuro, se plantea el uso conjunto de análisis de decisiones AHP con otros métodos cuantitativos como el Diseño de Experimentos(DOE) , costeo ABC e indicadores financieros que mejoren las capacidades de toma de decisiones en la selección de este tipo de TIC.

REFERENCIAS

- [1] P. J. Parikh y R. D. Meller, «Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center», *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 44, n.º. 5, pp. 696–719, 2008.
- [2] S. T. Hackman, E. H. Frazelle, P. M. Griffin, S. O. Griffin, y D. A. Vlasta, «Benchmarking Warehousing and Distribution Operations: An Input-Output Approach», *Journal of Productivity Analysis*, vol. 16, n.º. 1, pp. 79–100, jul. 2001.
- [3] J.-Y. Shiau y M.-C. Lee, «A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries», *Computers & Industrial Engineering*, vol. In Press, 2010
- [4] A. Correa y R. Gómez, «Tecnologías de la información y comunicación en la gestión de almacenes», *Revista Avances en Sistemas e Informática*, Vol.6,n.º.2, pp. 113–118, sep. 2009.
- [5] Puentes.H,2006. Estudio de la caracterización de la logística en Colombia. Bogotá:SENA.20p
- [6] Departamento Nacional de Planeación(DNP). Encuesta Nacional Logística.Bogotá:DNP,25p
- [7] N. Karaarslan y E. Gundogar, «An application for modular capability-based ERP software selection using AHP method», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 42, n.º. 9, pp. 1025–1033, jun. 2009.
- [8] J. Peng, «Selection of Logistics Outsourcing Service Suppliers Based on AHP», *Energy Procedia*, vol. 17, pp. 595–601, ene. 2012.
- [9] L. Hong y Z. Xiaohua, «Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP», *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 2128–2132, ene. 2011.
- [10] N. Faber, R. (Marinus) B. M. de Koster, y S. L. van de Velde, «Linking warehouse complexity to warehouse planning and control structure: An exploratory study of the use of warehouse management information systems», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 32, n.º. 5, pp. 381 – 395, 2002.
- [11] M. Huang, «A study of warehouse management system in Singapore.», 2011.
- [12] E. Frazelle, Almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial”. Bogotá: Norma, 2001
- [13] R. Ballou, Logística: Administración de la cadena de suministro. México: Prentice Hall, 2004
- [14] A. Correa, R.Gómez Y J.Cano, "Gestión de Almacenes y Tecnologías de Información y Comunicaciones,". Estudios Gerenciales, Vol 26, pp147-173,2010
- [15] R. Palevich, *The Lean Sustainable Supply Chain: How to Create a Green Infrastructure With Lean Technologies*. New Jersey: FT Press, 2012, pp 27
- [16] S. A. Berumen y F. L. Redondo, «La utilidad de Los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente», *Cuadernos de Administración*, n.º. 34, pp. 65–87, 2007.
- [17] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. The United States: McGraw-Hill International Book Co., 1980.