

Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos

Rodrigo Andrés Gómez Montoya
Politécnico Colombiano Jaime Isaza
Cadavid, Medellín. ragomez@elpoli.edu.co

Abdul Zuluaga Mazo
Politécnico Colombiano Jaime
Isaza Cadavid, Medellín.
azuluaga@elpoli.edu.co

Gloria Luz Vásquez Noreña
Universidad Nacional de Colombia,
Medellín.
glvasquen@unal.edu.co

(Tipo de Artículo: Investigación. Recibido el 05/04/2015. Aprobado el 17/07/2015)

Resumen. El artículo tiene como objetivo adaptar el método de análisis de decisiones Analytic Hierarchy Process (AHP) como herramienta de mejoramiento cuantitativa de la recepción en el centro de distribución (CEDI). La metodología utilizada se basa en el análisis de información científica, adaptación matemática de un modelo AHP combinado con gestión por procesos para apoyar las decisiones de mejora de la recepción. Por último, se presenta un caso de aplicación en una empresa de alimentos. Como resultado, se obtiene un modelo que apoya la mejora de la recepción, y tiene aplicación práctica, ya que reduce en un 25% el tiempo de operación y contribuye a que los productos entregados por los proveedores de la empresa cumplan con las condiciones pactadas.

Palabras clave. Gestión de Almacenes, Logística de entrada, Centro de distribución (CEDI), **Proceso de** Análisis Jerárquico (AHP), mejoramiento de procesos.

AHP method used to improve receiving in distribution center of a food company

Abstract. The article aims to adapt the method of decision analysis Analytic Hierarchy Process (AHP) as a tool to improve the receiving at the distribution center (CEDI). This approach offers an alternative to support decision making in a CEDI, based on quantitative methods allow to replace the use of trial and error. The methodology is based on analysis of scientific information, adapts AHP model combined with process management to support improvement decisions the receiving operation. Finally, we present a case of application in a food company. As a result, you get improved receive of the CEDI process as it is reduced by 25% the time of the transaction and ensures that the products delivered by suppliers to meet the conditions.

Keywords. Warehouse Management, Receiving, Distribution Center (CEDI), Analytic Hierarchy Process (AHP), Process improvement.

1. INTRODUCCIÓN

El ámbito empresarial actual se encuentra enmarcado en la competitividad, los rápidos cambios del mercado y la adecuada administración de las relaciones con los clientes para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento de las organizaciones en la cadena de suministro. Este escenario ha conllevado a la necesidad del diseño, adecuada gestión y mejoramiento de sistemas logísticos eficientes que se orienten a atender las necesidades de los clientes en el tiempo, calidad, lugar y condiciones negociadas [1] [2].

Dentro de los sistemas logísticos los centros de distribución (CEDI) han cobrado importancia, ya que facilitan la atención de los pedidos de los clientes, la regulación de la oferta y la demanda, y la coordinación de los actores de la cadena de suministro (proveedor, empresa y cliente) a través de la gestión de inventarios, uso de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) y operaciones como: recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos, despacho, *crossdocking*, entre otras [3] [4].

En los CEDI se hace necesario la toma de decisiones que permitan el adecuado diseño, mejoramiento y gestión, para satisfacer las necesidades de los clientes, reducir costos de operación y contribuir a la eficiencia del sistema logístico, de allí la importancia del uso de técnicas de

investigación de operaciones como el análisis de decisiones que apoyan la planeación, organización, ejecución y control o el mejoramiento de las operaciones y recursos de los CEDI [5].

Por los motivos expuestos, el presente artículo tiene como objetivo adaptar el método de análisis de decisiones, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), como herramienta de apoyo para la implementación de oportunidades de mejoramiento de la recepción en el centro de distribución (CEDI) de una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de comidas rápidas, ubicada en la ciudad de Medellín. Este planteamiento, se fundamenta en el resultado de análisis de una revisión al estado del arte sobre el tema, donde se identifican varias metodologías basadas en AHP que apoyan las decisiones de mejoramiento de las operaciones del CEDI buscando beneficios para la empresa, según sus puntos críticos.

El artículo se estructura en tres partes. En la primera, se presenta una contextualización teórica y la aproximación al estado del arte del CEDI, el análisis de decisiones y el AHP. En la segunda, se describe la metodología que se adapta para apoyar las decisiones en el CEDI. En la tercera, se realiza un caso de aplicación del AHP en el CEDI de una empresa que produce y comercializa comida rápida. Finalmente, se realiza el análisis, discusión y conclusiones.

2. CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA

2.1 Operación de recepción en el centro de distribución (CEDI)

El CEDI es una infraestructura logística dentro de la cadena de suministro, que se convierte en una conexión entre la producción, gestión de inventarios, transporte y ventas, con el fin de atender las necesidades de los clientes en condiciones de calidad, costo, tiempo y lugar [3] [6].

Frazelle, y Sojo [7] muestran que en el CEDI se acumulan, consolidan o desconsolidan los productos provenientes de varios puntos de manufactura o proveedores, los cuales, posteriormente se despachan y transportan a los clientes. Este almacén podría estar ubicado de manera centralizada entre los centros de producción o entre los clientes.

Para cumplir con su propósito, en el CEDI se desarrollan un conjunto de operaciones como: recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos, despacho y *crossdocking*, los cuales permiten atender las demandas de los clientes en las condiciones pactadas y a un costo adecuado [8]. Para la ejecución de las operaciones en el CEDI, se hace necesario el uso de diferentes recursos como: personal, equipo de materiales (montacargas, transpaletas), infraestructura, Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC), entre otros [9].

Dentro de las operaciones del CEDI, la recepción tiene como objetivo identificar, inspeccionar, registrar y en ocasiones empacar antes los productos recibidos de producción y proveedores garantizando que estos cumplan con las condiciones especificadas [6]. Adicionalmente, esta operación tiene impacto en la eficiencia del CEDI, ya que representa en el sector alimentos aproximadamente un 15% de sus costos totales [7]. De allí la importancia de su adecuada gestión, diseño y mejoramiento.

La recepción basa su funcionamiento en la planeación, ejecución y control de un conjunto de actividades como: programación de los productos a recibir, la descarga al medio de transporte, inspección, registro de productos, control y seguimiento de la operación [10] [11]. En la Tabla 1, se describe cada una de las actividades de la recepción tomando de referencia autores como: [6] [7] [10] [11].

De las actividades y recursos de la recepción, se puede indicar que estos permiten recibir los productos que provienen de los proveedores o la fábrica, realizar la inspección y registro empleando recursos humanos, técnicas estadísticas de muestro y TIC.

Para la planeación, ejecución y control de las actividades y recursos de la operación de recepción se pueden utilizar diferentes técnicas cualitativas y cuantitativas que mejoren la gestión, diseño y mejoramiento continuo.

Las técnicas cuantitativas utilizadas en el mejoramiento de la operación de recepción, tienen como objetivo contribuir a la eficiencia en el uso de los recursos y la satisfacción de las necesidades de los clientes, basándose en la utilización de herramientas soportadas en modelos estadísticos e investigación de operaciones, con datos y hechos que apoyan la toma de decisiones [9]. Algunas de estas técnicas que pueden utilizarse en la operación de recepción son: la simulación discreta, estadística industrial, diseño de experimentos, análisis de decisiones, entre otros [5] [9] [12].

TABLA 1.
Operaciones y recursos de la recepción. Fuente:
elaboración propia (1/2).

Operación	Descripción
Registro de información de los productos	<p>Consiste en que los productos que cumplen con las condiciones negociadas, se registran en el sistema de información como inventario dentro del CEDI.</p> <p>El objetivo es tener un registro adecuado y confiable de la información facilita las operaciones en el CEDI, respecto a la atención de los pedidos de los clientes y la eficiencia.</p>
Procesos de adecuación sobre los productos.	<p>Una vez los productos son inspeccionados se asignan códigos de barras o radiofrecuencia, paletización, promociones. Estos procesos se realizan para facilitar y agilizar las operaciones del CEDI.</p>
Seguimiento, control y mejoramiento	<p>En este proceso se suele medir, seguir y controlar la operación a través del uso de indicadores de desempeño. A continuación, se presentan un conjunto de indicadores sugeridos por la referencia [10]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo que transcurre desde la descarga del producto del medio de transporte hasta que está disponible para su uso (Almacenamiento del producto). • Número y porcentaje de errores presentados en las operaciones de recibo. • Medición del tiempo de descarga de camiones respecto a la cantidad de productos. • Medición de cumplimiento de los proveedores respecto a las condiciones negociadas.
Procesos preliminares	<p>Esta operación inicial permite programar una cita para la llegada de los productos al CEDI. La herramienta más utilizada es la solicitud de un ASN (<i>Advanced Shipping Notice</i>) o en español una notificación avanzada de envío, que indica los productos que se van recibir. Cuando se emplean ASN se facilitan la programación y asignación de recursos en la recepción. En este proceso preliminar se hace descarga de los productos del medio de transporte.</p>

TABLA 1.
Operaciones y recursos de la recepción. Fuente:
elaboración propia (2/2).

Inspección de los productos	<p>Consiste en realizar un chequeo que permita verificar que los productos cumplen las condiciones negociadas como: referencia, cantidad, calidad, entre otros. Como documento de referencia se utiliza la factura, la orden de compra, el registro de la solicitud ASN.</p> <p>Existen tres tipos de métodos de inspección: a) Inspección completa de todos los productos. Se realiza un chequeo general del producto donde se verifica que cumpla con los requerimientos establecidos. b) muestreo de algunos productos. Algunos del total de los productos tienen un control de calidad especial y pruebas técnicas para evaluar que cumpla con los requerimientos. Y c) cuarentena. La cuarentena consiste en almacenar los productos en una zona especial donde se realizan pruebas físicas, químicas o procedimentales, cuyos resultados permiten establecer si los productos cumplen con las condiciones negociadas.</p>
Registro de información de los productos	<p>Consiste en que los productos que cumplen con las condiciones negociadas, se registran en el sistema de información como inventario dentro del CEDI.</p> <p>El objetivo es tener un registro adecuado y confiable de la información facilita las operaciones en el CEDI, respecto a la atención de los pedidos de los clientes y la eficiencia.</p>
Procesos de adecuación sobre los productos.	<p>Una vez los productos son inspeccionados se asignan códigos de barras o radiofrecuencia, paletización, promociones. Estos procesos se realizan para facilitar y agilizar las operaciones del CEDI.</p>
Seguimiento, control y mejoramiento	<p>En este proceso se suele medir, seguir y controlar la operación a través del uso de indicadores de desempeño. A continuación, se presentan un conjunto de indicadores sugeridos por la referencia [10]:</p> <p>Tiempo que transcurre desde la descarga del producto del medio de transporte hasta que está disponible para su uso (Almacenamiento del producto).</p> <p>Número y porcentaje de errores presentados en las operaciones de recibo.</p> <p>Medición del tiempo de descarga de camiones respecto a la cantidad de productos.</p> <p>Medición de cumplimiento de los proveedores respecto a las condiciones negociadas.</p>

El análisis de decisiones es una técnica que está diseñada para estudiar alternativas en entornos de incertidumbre. Por tal motivo, esta técnica proporciona un marco teórico y metodológico para apoyar la toma de decisiones racionales cuando se programa una cita para la llegada de los productos al CEDI, dando precisión a los resultados [13].

En la gestión, diseño y mejoramiento de las operaciones del CEDI, y en específico en la recepción se requiere continuamente tomar decisiones y elegir una alternativa entre varias. Por estos motivos el hombre se ha visto en la necesidad de crear e implementar modelos, herramientas y metodologías que le permitan evaluar esta diversidad de alternativas basándose en criterios objetivos

y enfoques que reduzcan la incertidumbre en la toma de decisiones [14].

A estos tipos de modelos se les denominan análisis de decisiones, y de acuerdo a los diferentes tipos de problema o procesos a estudiar, se requiere el diseño, adaptación o uso de varios modelos existentes en la literatura como: la programación por compromisos, la programación por metas, los promedios ponderados, los métodos ELECTRE, y *Analytic Hierarchy Process* (AHP), los cuales pueden ser utilizados en diferentes campos de aplicación como energía, servicios, producción, logística, CEDI, entre otros [14] [15].

De los diferentes modelos, el AHP suele ser utilizado para apoyar decisiones en producción y logística por su orientación al cumplimiento de objetivos y la evaluación jerárquica de las alternativas. Por estos motivos, se selecciona como modelo de apoyo en el soporte de análisis de decisiones en la operación de recepción del CEDI [5] [12] [14].

2.2 Contextualización y estado del arte del método AHP en la operación de recepción del CEDI

El *Analytic Hierarchy Process* (AHP), es un método lógico y estructurado que optimiza la toma de decisiones complejas, mediante la descomposición del problema discreto en una estructura jerárquica. Esto permite subdividir un atributo complejo en un conjunto de atributos más sencillos y determinar cómo influyen cada uno de esos atributos individuales en el objetivo de la decisión [5] [14].

La aplicación del método AHP se soporta en la estructuración de la jerarquía del problema de forma visual, donde se construye una jerarquía de atributos que contiene el propósito u objetivo del problema, los distintos criterios de decisión y las alternativas. Una vez establecido el modelo jerárquico, se realizan las comparaciones por pares de criterios, subcriterios y alternativas relacionadas con las actividades y recursos de la recepción en el CEDI. Posteriormente, se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas que intervienen en el proceso de decisión para elegir alternativa de diseño o mejora adecuada [5] [14]. Para mejorar la aplicación del método AHP se debe complementar con estudios técnicos y económicos de la operación buscando un aumento en la productividad y la eficiencia en el momento la empresa objeto de aplicación de esta investigación tiene sin el método una productividad del 85% y una eficiencia del 90%.

Es importante destacar que el método AHP suele considerarse como uno de los métodos de decisiones más aplicados y útil a la hora de solucionar diversos problemas relacionados con los CEDI [5] [16], ya que, como se ilustra a continuación, se pueden identificar varias aplicaciones del AHP en situaciones como el diseño de una red de distribución óptima, la clasificación ABC multicriterio y la selección de equipos de manejo de material, logrando los

resultados planificados de una manera ágil y orientados al cumplimiento de los objetivos [15] [16] [17].

Con el fin de identificar las propuestas científicas de utilizar AHP en la operación de recepción, y en el CEDI en general, a continuación, en la Tabla 2, se presentan los resultados de la exploración del estado del arte, la cual, se basa en la revisión y análisis de bases de datos como: Science Direct, Emerald, Taylor and Francis, Springer, Google Scholar.

TABLA 1.
Estado del arte de utilización de AHP en CEDI y Gestión de Almacenes. Fuente: elaboración propia (1/2)

Teoría Korpela y Tuominen [18]
Desarrollan un método integrado del proceso de selección del sitio de ubicación de instalaciones donde se utilizan la herramienta de apoyo a la toma de decisiones basadas en un proceso analítico jerárquico AHP. El aporte del autor es utilizar un enfoque que puede modificar de manera sencilla la jerarquía y las prioridades de los factores de localización.
Teoría Ho [19]
Utiliza el proceso analítico jerárquico AHP para determinar las ponderaciones relativas o prioridades de los almacenes o CEDI alternativos con respecto a 2 criterios: la entrega y los clientes. Adicionalmente, formula el modelo de programación por metas GP (<i>Goal Programming</i>) que incorpora las limitaciones del sistema, los recursos y la prioridad AHP para seleccionar el mejor conjunto de almacenes sin superar los recursos limitados disponibles. Este enfoque integra la distribución y CEDI en las redes logísticas.
Teoría Korpela, Lehmusvaara y Nisonen [20]
Desarrollan una metodología para seleccionar la red de operador de almacén tipo CEDI por medio de la combinación de <i>AHP</i> y <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i> . Con el AHP, se pueden evaluar las alternativas de operadores al utilizar múltiples criterios de selección cualitativos y cuantitativos. Como resultado del análisis AHP se obtiene una priorización de preferencias para cada alternativa de operador donde se describe el nivel de desempeño esperado y se selecciona la mejor alternativa.
Teoría Ding [15]
Desarrollo un análisis basado en la utilización del método AHP para evaluar los factores que influyen en el valor del consumidor las operaciones de despacho y logística proporcionada por las empresas. Adicionalmente, con el método AHP se evalúan factores logísticos relacionados con calidad, costos, tiempo de ciclo y servicios
Teoría Venchey y Mohammad Ghasemi [21]
Utiliza el método AHP difuso para la clasificación del inventario en un almacén buscando su adecuado control. El método permite determinar los pesos de los criterios para una clasificación adecuada del inventario buscando un impacto en los costos y la satisfacción de las necesidades de los clientes

De la exploración del estado del arte del arte, no se identifican artículos científicos que desarrollen o adapten metodologías que apoyen la toma de decisiones en la gestión, diseño y mejoramiento de la operación de recepción en el CEDI. En la literatura científica, se revisaron propuestas relacionadas con la ubicación de instalaciones, relaciones de CEDI con la red logística y gestión del inventario.

Por estos motivos, se identifica la oportunidad de investigación de adaptar una metodología para apoyar la toma de decisiones de la operación de recepción en el

CEDI utilizando el método AHP que contribuya a beneficios como: la eficiencia y eficacia en el CEDI, la atención de los pedidos de los clientes y el uso de los recursos.

3. METODOLOGÍA

Una vez realizada la revisión teórica y la exploración del estado del arte acerca de los CEDI, la operación de recepción y su relación con los métodos de análisis de decisiones, en especial el AHP; a continuación, se presenta una metodología que permita adaptar el uso del método AHP como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la operación del CEDI. Posteriormente, se desarrolla un caso de aplicación en una empresa mediana que fabrica y comercializa comidas rápidas, ubicada en la ciudad de Medellín, donde se caracteriza la operación, y se utiliza la metodología para apoyar la estrategia del CEDI, buscando mejorar los indicadores actuales de 90% de eficiencia y 85% de productividad.

A continuación, en la Fig. 1, se presenta una representación de la metodología que permite adaptar el AHP como herramienta de apoyo de la mejora del CEDI.

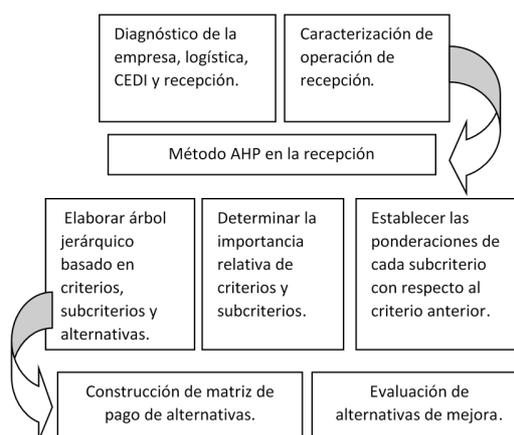


Fig. 1. Metodología AHP en la operación de recepción.
Fuente: elaboración propia

3.1 Diagnóstico de la empresa, logística, CEDI y recepción.

La empresa que se analiza dentro de este caso de aplicación, es una empresa de comidas rápidas (principalmente de hamburguesas) que lleva una amplia trayectoria de casi medio siglo brindando sus servicios en la ciudad de Medellín. De acuerdo al número de empleados que la empresa tiene, ésta se puede catalogar como mediana, ya que se cuenta con una totalidad de 105 empleados distribuidos entre el personal administrativo (contabilidad, recursos humanos, mercadeo y gerencia), el personal de ventas y el personal operativo (producción, calidad, mantenimiento y logística).

Actualmente la empresa tiene un desabastecimiento en el flujo de caja, el nivel de inventarios, el tiempo de operación y los productos entregados por los proveedores muchas veces no cumplen con las condiciones pactadas,

esto hace que hace que el proceso pierda control y no se le cumpla al cliente. Además los productos que tienen no están estandarizados, no se les da una buena manipulación. Por lo tanto, la gestión de la operación no se vuelve eficiente y productiva.

La Empresa en el CEDI que tiene lleva a cabo todas las típicas operaciones del CEDI (recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho) pero no lleva un control y seguimiento del proceso.

El diagnóstico permite establecer el estado de la empresa, el sistema logístico, el CEDI, e identificar y seleccionar oportunidades de mejora para la operación de recepción. El diagnóstico se basa en recolección de información primaria y secundaria obtenida a través de entrevistas y un formato con preguntas de las variables; posteriormente se realiza un análisis de la información, y se identifican y priorizan oportunidades para la operación de recepción y los equipos de manejo de materiales, que se buscan mejorar con el uso del método AHP. En este proceso se utilizan los resultados obtenidos del marco teórico y la exploración del estado del arte, con el fin de evaluar y desarrollar las oportunidades de mejora haciendo uso de los métodos de análisis de decisiones. Y finalmente, se realiza una valoración y conclusiones del caso de aplicación.

3.2 Caracterización de la operación de servicio

Se utiliza el método SIPOC (*Supplier* o proveedor, *Input* o entrada, *Process* o proceso, *Output* o salida, *Customer* o cliente) de la gestión por procesos para caracterizar la operación de recepción [14]. La caracterización de la operación de recepción, no sólo incluye el SIPOC, sino los diferentes recursos como: equipo de manejo de materiales, personal, TIC, entre otros.

3.3 Modelo AHP para la operación de recepción

A partir de la revisión de las propuestas de [5] [14] [17], se establecen las etapas del método AHP en la operación del CEDI:

3.3.1 Elaborar el árbol jerárquico de decisión

En la Fig. 2, se presenta un esquema con diferentes niveles que asocian el objetivo, criterio, subcriterio y alternativas.

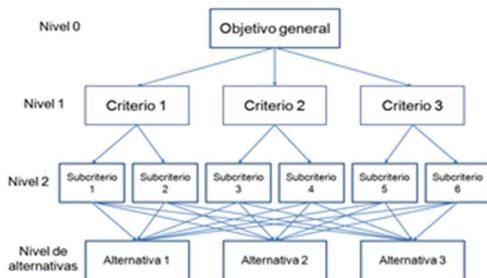


Fig. 2. Esquema del Árbol Jerárquico de decisión. Fuente: elaboración propia

Como puede verse en la Fig. 2, en el esquema se determinan los criterios que se denotarán como Z_i , donde i corresponde al criterio i de decisión. Los subcriterios se denotarán como Z_{ij} , donde j representa al subcriterio j del criterio i , y A_i representa cada una de las alternativas existentes. A partir de identificación y selección de criterios, subcriterios y alternativas se orienta la estrategia de mejora de la operación de recepción en el CEDI.

3.3.2 Determinar la importancia relativa de los criterios y subcriterios caracterizados

Se realiza una comparación de pares de subcriterios o criterios de un nivel, diciendo cuanto es más importante uno en relación al otro respecto al nivel superior que comparten. La referencia [17], ofrece una opción de comparación donde las respuestas adoptan un valor de 1 a 9 y su recíproco. Para representar acuerdos equitativos, entre las preferencias se usan números pares. En la Tabla 3, se establecen los criterios de evaluación.

TABLA 3. Criterios de calificación entre pares de subcriterios o criterios. Fuente: elaboración propia.

Si x es...que y	Calificación
Igualmente importante	1
Apenas más importante	3
Mucho más importante	5
Bastante Importante	7
Absolutamente más importante	9

Después de haber determinado los valores de las comparaciones para cada nivel, estos se consignan en una denominada "Matriz de comparación por pares".

3.3.3 Determinar las ponderaciones de cada subcriterio con respecto al criterio anterior

Para calcularlas se normalizan las columnas de las Matrices de comparación por pares dividiendo cada número de una columna por su suma total, y a partir de estos valores se obtiene el valor promedio de los valores de cada fila, los cuales corresponden a los valores del vector principal que reporta las ponderaciones de prioridad p de los criterios o subcriterios.

3.3.4 Construir matriz de pagos de alternativas

En esta matriz, para cada criterio de último nivel se hace una valoración de las consecuencias de las alternativas. Se tienen 2 opciones:

Si se tienen los datos de las alternativas vs criterios (matriz de pagos), se emplea la ecuación (1) donde se normalizan los valores Z_i a valores A_i para cada criterio i (n es el número de alternativas):

$$\sum_{i=1}^n A_i = 1 \tag{1}$$

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.

3.3.5 Determinar evaluaciones totales de las alternativas

La evaluación definitiva de cada alternativa se obtiene al emplear la ecuación (2) para cada criterio j de último nivel: $V_j(A_k) = \sum_{i=1}^q p_i * a_{ki}$ (2)

Donde:

V_j : corresponde a la evaluación de la alternativa A_k

A_k : corresponde a la alternativa k, k=1,..., n

p_i : corresponde a las ponderaciones de prioridad de los criterios o subcriterios, i=1,..., q

a_{ki} : corresponde al valor de la alternativa A_k evaluada con respecto al criterio Z_i .

Debe realizarse este cálculo para cada criterio de otros niveles, hasta llegar al nodo de jerarquía principal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de utilizar la metodología de mejoramiento de la operación de recepción con el apoyo del método AHP en la operación de recepción de la empresa de fabricación y comercialización de alimentos.

4.1 Descripción de la logística, el CEDI y recepción de la empresa

La empresa cuenta con una infraestructura física conformada por una oficina central de operaciones donde se encuentra las principales dependencias administrativas y operativas (y también sirve de punto de venta) y tiene varios locales de venta ubicados en distintos puntos de la ciudad.

El CEDI de la empresa estudiada cumple su funcionamiento en la oficina central de operaciones. Su objetivo principal es proveer y distribuir a todos los diferentes puntos de venta los productos básicos y procesados necesarios para la elaboración de las comidas ofrecidas. La empresa no cuenta con diversos elementos y recursos que le permitan hacer control seguimiento a los pedidos, lo cual dificulta la gestión de la operación y el cumplimiento con la distribución de los pedidos a los diferentes puntos de venta.

En el CEDI de la empresa se llevan a cabo todas las típicas operaciones del CEDI (recepción, acomodo, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho). Se obtuvo información a partir de las observaciones y las entrevistas realizadas al personal de la empresa con el fin de determinar cómo se realizan dichas operaciones, en especial la de recepción. Debido a que en el CEDI se manejan 2 clases de productos (los básicos y los procesados), el proceso de recepción para cada uno se lleva a cabo en forma diferente. Los tiempos de operación del CEDI actualmente no tienen un control riguroso y

seguimiento, lo que hace que se disminuya capacidad de gestión en el proceso.

4.2 Caracterización de la operación de recepción.

A continuación, en la Tabla 4, se presenta la caracterización de la operación de recepción en el CEDI de la empresa de fabricación y comercialización de alimentos basado en SIPOC. Se realiza énfasis en las operaciones y recursos, ya que en este se orientan las mejoras.

TABLA 4.
Caracterización de la recepción en el CEDI. Fuente: elaboración propia

Operación de recepción en el CEDI				
Proceso anterior	Entradas	Actividades	Salidas	Proceso posterior
Aprovisionamiento de productos básicos (PB).	PB	Traslado de los PB desde la zona de descarga hasta el área de pesaje.	PB recibido e inspeccionado	Acomodo
	Recibos de compra de PB.	Pesaje de los PB recibidos para verificar que si corresponde con la cantidad ordenada.		
Producción (PP).	PP.	Traslado de los PB a las áreas de almacenamiento o destinadas donde serán acomodados	Verificación de recepción de PB.	Acomodo
		Traslado de recipientes (baldes, frascos) que contienen los PP desde producción hacia las áreas de almacenamiento o donde serán acomodados.	PP recibidos.	
Recursos utilizados				
Carros y carretillas (PB), una balanza digital (PB) y 5 operarios de recepción y despacho.				

La oportunidad de mejora identificada dentro del CEDI y la operación recepción viene relacionada con las prácticas de recepción de clase mundial, las cuales implementadas de forma correcta permiten mejorar el funcionamiento general del CEDI. Estas actividades representan un factor crítico dentro del CEDI, debido a que no se tiene control y estandarización de los tiempos de operación, es por esto que se desea mejorar esta problemática para incrementar la eficiencia, la productividad y la gestión del CEDI.

4.3 Modelo AHP en la operación de recepción del CEDI

A continuación, se desarrollan las diferentes etapas del modelo AHP adaptado para la operación de recepción descrito en la metodología.

Algunos autores [3] [7] [8] [9] determinan que existen prácticas o lineamientos para agilizar y mejorar las operaciones de recepción. Están dirigidos a simplificar el flujo de materiales a través de una adecuada planeación, ejecución y control de la operación, incluyendo un adecuado uso de los recursos como el equipo de manejo de materiales. A continuación, se propone y establecen las bases fundamentales para determinar los criterios de mejora de la operación de recepción:

- *Despacho directo (A₁)*. Los proveedores le despachan directamente al cliente sin pasar por el almacén, lo cual permite reducir operaciones de inspección, ahorro en costos operativos de manipulación y utilización de recursos.
- *Programa de recepción (A₂)*. Se refiere a la programación de cargas o pedidos que se reciben para satisfacer los requisitos de despacho y transportadores por medio de herramientas como Internet, EDI (Electronic Data Interchange), a través de avisos de entregas de pedidos, WMS (Warehouse Management System), buscando mejorar la planeación, control y relaciones con los proveedores con base en información relacionada con programación de cargas entrantes y salientes orientándose a la satisfacción del cliente y la eficiencia logística del CEDI.
- *Utilización de un sistema de código de barras (A₃)*. Este permite la identificación y registro de información de los productos que se reciben en el sistema de administración de almacenes (Warehouse Management System, WMS). Esta mejora contribuye potencialmente a la eficiencia del CEDI, la confiabilidad del inventario y un enfoque a la agilidad en la respuesta a los clientes.

Según lo propuesto anteriormente, la situación que se desea resolver es priorizar las políticas de recepción que sean adecuadas para la empresa, teniendo en cuenta los siguientes criterios de decisión:

- *Prácticas de recepción orientadas a la eficiencia y satisfacción del cliente (Z₁)*. Los objetivos son recibir de manera adecuada los pedidos de los proveedores buscando verificar que se cumplan las referencias, cantidades y condiciones de calidad (Z₁₁), dado que no se tiene un indicador de calidad, la manipulación de los productos no está siendo regulada y estandarizada, (Z₁₂) y brindar flexibilidad al proceso de recepción del CEDI, aumentando capacidad y productividad en la operación, debido a que se pierden tiempos de operación en transporte y traslado de los productos. (Z₁₃).
- *Reducción de costos de la operación de recepción CEDI (Z₂)*. Diseño e implementación de estrategias de

planeación y control de costos ABC en la operación de recepción junto a seguimiento y gestión de los indicadores de desempeño en la recepción del CEDI sugeridos en la referencia [10].

- *Requerimientos y competencias del personal del CEDI (Z₃)*. Debido a que se tiene un 85% de productividad con el personal actual se requiere formar en competencias al personal de la operación de recepción en el CEDI, incluyendo la implementación de un plan de entrenamiento y motivación del personal de recepción, explicando el método con sus mejoras y beneficios.
- *Inversión requerida para la implementación (Z₄)*. Plan de inversiones en los métodos de las actividades, esquema de inversiones en recursos como equipo de manejo de materiales y Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) como mejoramiento del WMS.
- *Requerimientos de espacio del CEDI (Z₅)*. Rediseño de los puertos de descarga de productos en la recepción, rediseño de la distribución de espacios para la operación de recepción de las actividades de inspección, cuarentena y tránsito de entrada.

A partir del establecimiento de los criterios y subcriterios, se desarrolla el árbol de decisión para la operación de recepción que se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En este se realiza énfasis en el nivel 1, de los objetivos del CEDI.

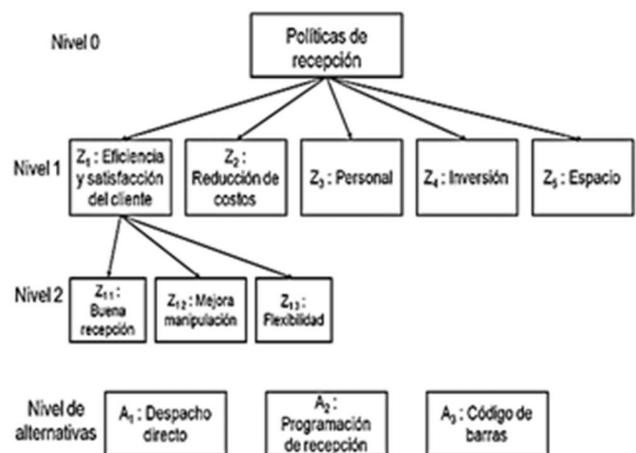


Fig. 3. Árbol jerárquico de decisión de implementación de políticas de recepción. Fuente: elaboración propia.

En este caso, las comparaciones de pares y sus valores se asignaron teniendo en cuenta las observaciones y consultas realizadas en el CEDI por parte de la analista, los resultados de la literatura científica. Después de haber comparado los pares de subcriterios y criterios de los niveles 1 y 2, continuación en la Tabla 5 y Tabla 6, se presentan las matrices de comparaciones por pares.

TABLA 5.
Comparación por pares respecto al objetivo general (criterios del nivel 1). Fuente: elaboración propia.

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Z ₁	1	1/3	5	6	5
Z ₂	3	1	6	7	6
Z ₃	1/5	1/6	1	3	1
Z ₄	1/6	1/7	1/3	1	1/4
Z ₅	1/5	1/6	1	4	1

TABLA 2.
Comparaciones por pares respecto al criterio Z₁ (subcriterios del nivel 2). Fuente: elaboración propia

	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃
Z ₁₁	1	2	5
Z ₁₂	1/2	1	2
Z ₁₃	1/5	1/2	1

A partir de las matrices de comparación, se obtienen las ponderaciones para el nivel 1 y para el nivel 2 con respecto al criterio Z₁. A continuación se ilustran los resultados de este proceso en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

TABLA 7.
Ponderaciones para el Nivel 1. Fuente: elaboración propia

	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Ponderación
Z ₁	1	1/3	5	6	5	0.288
Z ₂	3	1	6	7	6	0.489
Z ₃	1/5	1/6	1	3	1	0.086
Z ₄	1/6	1/7	1/3	1	1/4	0.041
Z ₅	1/5	1/6	1	4	1	0.096
Suma	4.567	1.810	13.33	21	13.25	1

TABLA 8.
Ponderaciones para el Nivel 2. Fuente: elaboración propia.

	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Ponderación
Z ₁₁	1	2	5	0.59
Z ₁₂	1/2	1	2	0.28
Z ₁₃	1/5	1/2	1	0.13
Suma	1.7	3.5	8	1

Debido a que no se cuenta con la matriz de pagos, se procede a realizar comparaciones para formar una matriz 3 x 3 de importancia relativa entre alternativas para cada uno de los criterios de la operación de recepción en el CEDI. Por ejemplo, en la TABLA 3, se obtiene la siguiente matriz de comparación por pares de alternativas para el criterio Z₅.

TABLA 3.
Matriz de comparación por pares de las alternativas para el criterio Z₅. Fuente: elaboración propia

	A ₁	A ₂	A ₃	Ponderación
A ₁	1	2	2	0.50
A ₂	1/2	1	1	0.25
A ₃	1/2	1	1	0.25
Suma	2	4	4	1

Llevando a cabo este mismo procedimiento para los otros criterios, se obtuvo las siguientes ponderaciones, las cuales, se presentan en la TABLA 4.

TABLA 4.
Ponderaciones de las alternativas para cada criterio. Fuente: elaboración propia.

	Alternativa	Ponderación
Z ₁	A ₁	0.29
	A ₂	0.33
	A ₃	0.38
Z ₂	A ₁	0.50
	A ₂	0.25
	A ₃	0.25
Z ₃	A ₁	0.46
	A ₂	0.33
	A ₃	0.21
Z ₄	A ₁	0.62
	A ₂	0.24
	A ₃	0.14

En la Tabla 5, se presenta la matriz elaborada de comparaciones y ponderaciones de las alternativas para los subcriterios que apoyan la selección que permite orientar el mejoramiento de la operación de recepción.

TABLA 6.
Comparaciones y ponderaciones de las alternativas para los subcriterios. Fuente: elaboración propia.

	A ₁	A ₂	A ₃	Ponderación
Z ₁₁	A ₁	1	1/2	0.25
	A ₂	2	1	0.50
	A ₃	1	1/2	0.25
Z ₁₂	A ₁	1	1/2	0.24
	A ₂	2	1	0.55
	A ₃	1	1/3	0.21
Z ₁₃	A ₁	1	1/8	0.08
	A ₂	8	1	0.68
	A ₃	3	1/3	0.24

Por último, se evalúan las alternativas de mejora para la operación de recepción que permite apoyar la decisión final. En primer lugar se calcula para el nivel de alternativas el valor de $V_j(A_k)$ con respecto al Nivel 2 (ver Fig. 4).

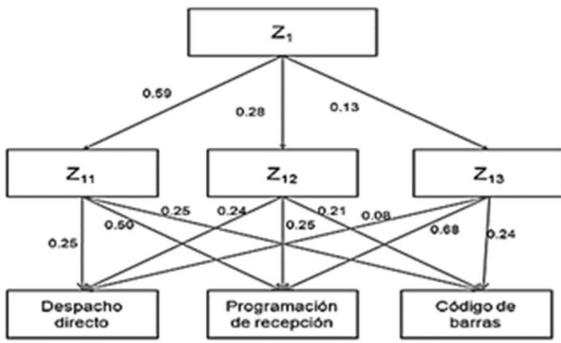


Fig. 3. Subárbol de evaluación de alternativas. Fuente: elaboración propia

Como puede verse en la Fig. 4, para hacer la valoración de cada una de las alternativas se procede de la siguiente manera:

$$A_1 = 0.25 \times 0.59 + 0.24 \times 0.28 + 0.08 \times 0.13 = 0.2251$$

$$A_2 = 0.5 \times 0.59 + 0.55 \times 0.28 + 0.68 \times 0.13 = 0.5374$$

$$A_3 = 0.25 \times 0.59 + 0.21 \times 0.28 + 0.24 \times 0.13 = 0.2375$$

Se siguen estos cálculos de la misma forma hasta llegar al Nivel 0 del árbol jerárquico, lo cual, permite obtener las siguientes ponderaciones para cada una de las alternativas en la operación de recepción:

$$A_1 = 0.328$$

$$A_2 = 0.374$$

$$A_3 = 0.298$$

De este modo, la clasificación final es: A_2 , A_1 , A_3 , lo cual, permite apoyar la decisión de mejora priorizando como la oportunidad más relevante la alternativa 2 (programación de recepción) tiene una mejor ponderación que la alternativa 1 (despacho directo) y la alternativa 3 (código de barras).

5. CONCLUSIONES

A partir de la utilización del método AHP adaptado como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, se selecciona la alternativa de programación de recepción (A_2), la cual, se orienta al diseño de un plan para recibir los productos que entregan los proveedores considerando la asignación de citas, muelles de descarga, planificación y reserva de equipo de manejo de materiales (transpaleta), utilización del WMS (Warehouse Management System). Con este enfoque, se busca mejorar la planeación, control y relaciones con los proveedores en la operación de recepción a través de prácticas que permita que las condiciones de negociación pactadas se puedan verificar a tiempo referencia, cantidad, calidad) con el proveedor en un 95%, eficiencia en las actividades de la operación de recepción respecto a productividad del personal, disminución del tiempo promedio de ciclo del proceso de 20 a 15 minutos aproximadamente, permitirá determinar la carga de trabajo porcentual para cada actividad de recepción, se podrá saber la ocupación de

cada actividad, en comparación con la actividad más ocupada; lo que representa una reducción del 25% y el desarrollo de una estrategia de la estandarización de la operación.

Del artículo, se puede indicar que el Centro de Distribución (CEDI) es un proceso logístico en la cadena de suministro que impacta en la satisfacción de las necesidades de los clientes y la eficiencia de las operaciones. Dentro del CEDI, la recepción es considerada una operación crítica debido a que verifica que los productos que se adquieren a los proveedores cumplen con las condiciones negociadas.

Se puede concluir que la utilización del modelo AHP en la operación de recepción del CEDI, es una herramienta cuantitativa que apoya el análisis, selección y priorización de las oportunidades de mejora de la operación, considerando políticas, actividades y recursos. Además, el AHP se basa en una estructura de solución sencilla que permite esquematizar los diferentes criterios y subcriterios de selección, lo que brinda una mayor comprensión de la esencia del problema y orienta oportunidades de mejora.

A partir de la utilización del método del AHP se desarrolla una estrategia para mejorar la operación de la recepción del CEDI, lo que conduce a que se deben implementar prácticas de programación de la recepción que permitan que los productos que se reciben, cumplan con las condiciones de negociación pactadas con el proveedor (referencia, cantidad, calidad y precios). Adicionalmente, la eficiencia en las actividades de la operación de recepción, disminuyen el tiempo promedio en un 25%, aproximadamente. Finalmente, es importante destacar que los métodos de análisis de decisiones, como el AHP representan una buena alternativa para apoyar estrategias de mejora en las operaciones y recursos del CEDI.

En trabajos futuros, se busca combinar el AHP con herramientas estadísticas de diseño experimental, simulación y metaheurísticos que permitan mejorar el análisis y evaluación de las oportunidades de mejora buscando aumentar la eficiencia y la eficacia.

6. REFERENCIAS

- [1] M. H. Hugos, *Essentials of Supply Chain Management*. United States: John Wiley & Sons, 2011, p.78.
- [2] C. K. M. Lee, W. Ho, G. T. Ho, y H. C. Lau, "Design and development of logistics workflow systems for demand management with RFID", *Expert systems with applications*, vol. 38, No. 5, pp. 5428–5437, 2011.
- [3] J. Gu, M. Goetschalckx, y L. F. McGinnis, "Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review", *European Journal of Operational Research*, vol. 203, No.3, pp. 539–549, 2010.
- [4] 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, No.1, pp. 79–100, 2001.
- [5] H. Min, "Application of a decision support system to strategic warehousing decisions", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 39, No.4, pp. 270–281, 2009.

- [6] J. P. V. D. Berg, *Integral Warehouse Management*. Netherlands: Lulu.com, 2007, p.81.
- [7] E. Frazelle y R. Sojo, *Logística de Almacenamiento y Manejo de Materiales de Clase Mundial*. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 2006, p.23
- [8] P. Baker, "Aligning distribution center operations to supply chain strategy", *The International Journal of Logistics Management*, vol. 15, No.1, pp. 111–123, 2004
- [9] P. Baker y M. Canessa, "Warehouse design: A structured approach", *European Journal of Operational Research*, vol. 193, No.2, pp. 425–436, 2009.
- [10] J. A. Tompkins y D. A. Harmelink, *The Supply Chain Handbook*. United States: Tompkins Press, 2004, p.234.
- [11] A. Rushton, P. Croucher, y P. Baker, *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain*. London: Kogan Page Publishers, 2014, p.110.
- [12] R. Gómez y A. Correa, "Métodos cuantitativos utilizados en el diseño de la gestión de almacenes y centros de distribución", *Avances en Sistemas e Informática*, vol. 7, No.3, pp. 109–118, 2011.
- [13] F. S. Hillier, *Introducción a la investigación de operaciones*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2006, p.323.
- [14] S. A. Berumen y F. Llamazares, "La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente", *Cuadernos de Administración*, vol. 20, No. 34, pp. 65–87, 2007.
- [15] J.-F. Ding, "Critical factors influencing customer value for global shipping carrier-based logistics service providers using Fuzzy AHP approach", *African Journal of Business Management*, vol. 4, No.7, pp. 1299–1307, 2010.
- [16] R. Smith, *Decisiones con múltiples objetivos e incertidumbre*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1993, p.45.
- [17] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. United States: RWS, 1990, p.440.
- [18] J. Korpela y M. Tuominen, "A decision aid in warehouse site selection", *International Journal of Production Economics*, vol. 45, No.1, pp. 169–180, 1996.
- [19] W. Ho, "Combining analytic hierarchy process and goal programming for logistics distribution network design", en *Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on*, 2007, pp. 714–719.
- [20] J. Korpela, A. Lehmusvaara, y J. Nisonen, "Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies", *International Journal of Production Economics*, vol. 108, No. 1, pp. 135–142, 2007.
- [21] A. Hadi-Vencheh y A. Mohamadghasemi, "A fuzzy AHP-DEA approach for multiple criteria ABC inventory classification", *Expert Systems with Applications*, vol. 38, No.4, pp. 3346–3352, 2011.