



*Colección Académica de
Ciencias Estratégicas*

ISSN-e: 2382-3283

Vol. 3 No. 2

Julio - Diciembre 2016

Jairo Arboleda Zúñiga

John A. Castillo C.

MODELO INTEGRADO DE CLASIFICACIÓN ABCMULTICRITÉRIO, APLICADO EN EL ÁREA DE PICKING DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE REPUESTOS

Recibido: Junio 19 de 2016

Aceptado: Septiembre 10 de 2016

Jairo Arboleda

Magister en Ingeniería Industrial. Docente del programa de Ingeniería Industrial. Grupo de investigación Productividad y competitividad. Universidad Pontificia Bolivariana; Palmira, Colombia. Correo electrónico: jairo.arboleda@upb.edu.co

John A. Castillo C

Ingeniero Industrial, Universidad Santiago de Cali, 2015. Email: john.castillo@usc.edu.co





MODELO INTEGRADO DE CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITÉRIO, APLICADO EN EL ÁREA DE PICKING DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE REPUESTOS

RESUMEN

En este artículo se presenta el desarrollo de un modelo de clasificación ABC multicriterio del inventario, el cual permitió mejorar la utilización del espacio volumétrico destinado al almacenamiento en el proceso de Picking de una empresa del sector autopartista, donde se tuvieron en cuenta los principales criterios y políticas de inventarios establecidas y se logró aumentar el nivel de servicio de la entrega efectiva a los clientes, sin incrementar los costos del inventario. El diseño e implementación del modelo presenta como innovación la integración de la tradicional clasificación ABC con algunas técnicas de análisis multicriterio que permiten mayor oportunidad en la toma de decisiones complejas, como es el área de Picking de un centro de distribución para una mediana empresa, donde se hace necesario analizar detalladamente cada componente del proceso y sus posibles oportunidades de mejora.

Palabras clave: Análisis multicriterio ABC; Área de Picking, Gestión de almacenamiento; Gestión de inventarios.

ABSTRACT

This article presents the development of a model of ABC classification multi-criteria inventory allowing to improve the use of the volumetric space destined for storage in the process of Picking a company in the auto parts sector, where the main criteria and established inventory policies were taken into account and managed to increase the level of effective delivery service to customers without increasing the costs of inventory; the design and implementation of the model presented as innovation integration of traditional classification ABC with some techniques of Multicriteria analysis that allow greater opportunity in the complex decision-making, as the Picking of a distribution of a medium-sized enterprise Center area is where it is necessary to analyze in detail each component of the process and its potential opportunities for improvement.

Keywords: ABC Multicriteria Analysis, Picking area, Warehousing management, Inventory management.

Jairo Arboleda

Magister en Ingeniería Industrial. Docente del programa de Ingeniería Industrial. Grupo de investigación Productividad y competitividad. Universidad Pontificia Bolivariana; Palmira, Colombia. Correo electrónico: jairo.arboleda@upb.edu.co

John A. Castillo C

Ingeniero Industrial, Universidad Santiago de Cali, 2015. Email: john.castillo@usc.edu.co



INTRODUCCIÓN

Los inventarios son un punto crítico en cualquier empresa y más en las empresas comercializadoras, convirtiéndose en criterio fundamental de servicio y respuesta eficiente al Cliente. Ballou (2004), hace referencia a los pronósticos diciendo que estos son "los niveles de demanda que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, incluyendo logística, marketing, producción y finanzas. Los pronósticos en logística se relacionan con la naturaleza espacial así como temporal de la demanda, el grado de variabilidad y su aleatoriedad". Chopra y Meindl (2008), sostienen que el eficiente manejo de los pronósticos de la demanda futura son esenciales para tomar decisiones sobre la cadena de suministro. A nivel nacional, Guerrero (2009), dice que "el inventario depende del tipo de demanda que tenga el artículo, esta demanda sólo puede ser de dos tipos: determinística o probabilística; en el primer caso la demanda del artículo para un período futuro es conocida con exactitud (esto sólo se puede dar en el caso de empresas que trabajan bajo pedido) y probabilística en el caso que la demanda del artículo para un período futuro no se conoce con certeza, pero se le puede asignar una distribución de probabilidad a su ocurrencia". Vidal (2010), citado por Arboleda y Ramírez (2014) menciona que "el primer aspecto a tener en cuenta es que los pronósticos de demanda siempre estarán errados. Esto no es sorprendente, ya que cuando se pronostica, se está anticipando lo que ocurrirá en el futuro. La clave del éxito de un sistema de

gestión de inventarios es, por lo tanto, conocer a fondo los errores del pronóstico y responder a ellos en forma adecuada". Sumándose a los aportes latinoamericanos, Parada (2009) plantea una cuestión: "¿cómo clasificar los productos en inventario con un impacto efectivo y eficiente en la administración empresarial? Se ha generalizado, en la práctica, diferenciar la gestión de inventario con dependencia de las características de los artículos que lo componen y, en la literatura revisada, recomendar el método de clasificación ABC, a partir de una variable o parámetro base cuantitativo". Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011), sostienen que "la preparación de pronósticos es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros". También, dicen que "hasta la última década era en gran medida un arte, pero también se ha convertido en una ciencia". Entre tanto, Bartholdi y Platzman (2001) concluyen que "el Picking corresponde a una función de la cadena logística que puede representar hasta el 65% de los costos totales de operación de un centro de distribución normal. El Picking es el nuevo patrón de demanda en un mercado cada vez más competitivo y donde ningún cliente quiere cargar con altos niveles de inventario"; lo anterior, está acelerando una tendencia a cambiar la vocación de los centros de distribución que pasan de manejar grandes volúmenes a atender pequeños volúmenes y piezas sueltas. Dentro de la administración de inventarios se deben tener en cuenta ciertas restricciones o criterios que influyen en el estado de estos, tales como: los costos por mantener, los costos por pedir, las estrategias de mantenimiento, la demanda del mercado y los aspectos logísticos



en sí. Las organizaciones diariamente se enfrentan a la toma de decisiones a nivel operativo, táctico y estratégico; para disminuir esta complejidad de las decisiones, se han desarrollado un conjunto de herramientas, técnicas y métodos agrupados dentro del tema marco denominado Análisis de Decisiones en Ambientes Multicriterio (Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA -).

Técnicas de Clasificación Multicriterio

En la revisión de la literatura realizada sobre MCDA, las clases de situaciones problemáticas encontradas, se resumen en tres:

- Selección de la mejor alternativa.
- Clasificar las alternativas existentes de la mejor a la peor.
- Clasificar las alternativas en grupos homogéneos.

El Análisis de decisiones en ambientes Multicriterio ha sido un área activa de investigación desde 1970, la cual apoya a varias áreas de conocimiento

Dentro de los muchos métodos que se aplican en el MCDA, los más utilizados son:

- Proceso Analítico Jerárquico o AHP.
- Proceso analítico de red.
- Análisis envolvente de datos.
- Teoría de la utilidad multi-atributo.
- Teoría de los valores de atributos múltiples.
- Sistemas de soporte de lógica difusa

- El análisis del valor.
- Ingeniería de valor.
- Modelo del producto ponderado.
- Modelo de suma ponderada.

Para el presente trabajo se han utilizado ampliamente dos técnicas de reconocimiento del MCDA: El Proceso Analítico Jerárquico (de Saaty) y el Control de Inventario Multicriterio. La combinación ha permitido el logro de los objetivos planteados.

Proceso de Analítico Jerárquico (AHP)

Como se ha descrito, la toma de decisiones son procesos complejos con múltiples criterios, en los que técnicas como el "Proceso de Análisis Jerárquico o AHP" mejoran los resultados obtenidos. Esta herramienta del MCDA fue planteada por Saaty (1980) a finales de los años 60 para mejorar la toma de decisiones en ambientes críticos y complejos. Actualmente ha sido incorporado en paquetes de software para ser utilizados en empresas con altos grados de incertidumbre para la toma de decisión Saaty (1980), define "el AHP como una metodología para estructurar, medir y sintetizar. Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso". La metodología se basa en la construcción de matrices para su posterior comparación entre pares de elementos, asignando prioridades entre ellos. La notación utilizada es la siguiente:



- Para i objetivos dados ; se determinan los respectivos pesos
- Para cada objetivo, se comparan las alternativas y se determinan los pesos con respecto al objetivo.
- Se determina el peso final de la alternativa con respecto a todos los objetivos así.

Las alternativas se ordenan de acuerdo con el W_j en orden descendente, donde el mayor valor indica la alternativa preferida." Los principios bajo los cuales se trabajan en AHP, se fundamentan en:

- Reciprocidad: Si frente a un criterio, una alternativa A es n veces mejor que B, entonces B es $1/n$ veces mejor que A. Este principio es utilizado en el análisis matricial que se realiza a los criterios y las alternativas. Garantiza que el análisis se haga de manera bidireccional.
- Homogeneidad: Los elementos que son comparados no deben diferir en mucho en cuanto a la característica de comparación establecida.
- Síntesis: Los juicios acerca de las prioridades de los elementos en una jerarquía no dependen de los elementos del nivel más bajo.
- Al finalizar las comparaciones entre pares, se debe realizar los siguientes cálculos que permiten obtener la consistencia de las comparaciones:
- Realizar la sumatoria de todos los valores de cada columna de la matriz de comparación por pares.
- Para cada celda de la matriz de comparación

por pares dividirla por la suma de cada columna, anteriormente calculada, formando con ella la nueva matriz, llamada matriz Normalizada.

- Determinar el vector prioridad, sumando los valores de toda la fila de la matriz normalizada por cada criterio.
- Determinar el vector ponderado?
- Determinar el vector consistencia, dividiendo el vector prioridad de cada criterio sobre el vector ponderado del mismo criterio.

- Determinar λ máximo, promedio de los valores del vector consistencia de la etapa anterior.
- Calcular el índice de consistencia, bajo la siguiente fórmula:

Donde m = No. de alternativas

- Determinar el Índice Aleatorio RI, bajo la siguiente fórmula:

Donde m = No. de alternativas

- Determinar la razón de consistencia CR, con la siguiente fórmula:
- Si $CR = 0$, la matriz es consistente.
- Si $CR \leq 0.10$, la matriz de comparación por pares tiene una inconsistencia admisible, lo que significa que se le considera consistente y el vector prioridad obtenidos se admite como válido.
- En caso de que $CR > 0.10$, la inconsistencia es inadmisibles y se aconseja revisar los juicios.

Clasificación ABC Tradicional

Desde 1955 y hasta ahora, el sistema ABC ha sido utilizado como la principal técnica para la clasificación de inventarios bajo un solo criterio. Siendo la letra A el grupo de todos aquellos ítems en lo que se acentúan el mayor porcentaje de importancia, pero el menor número de ítems, y la letra C el mayor porcentaje de ítem con la menor importancia o proporción frente al criterio. Como se muestra en la Figura 1.

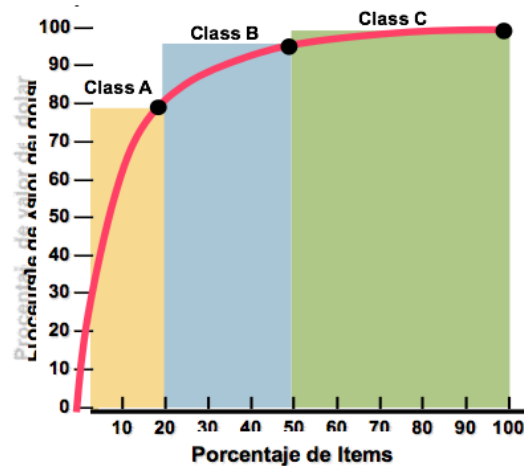


Figura 1- Clasificación ABC Tradicional
Fuente: Castro, Vélez & Castro U. (2011)

Control de inventario multicriterio (MCIC)

Dentro del grupo de MCDA, se encuentran las reglas de decisión multicriterio para la clasificación de inventarios, las cuales Chen (2006) denomina multicriterio ABC (MCABC) mientras que otros autores como Ernest y Cohen (1998), entre otros, las mencionan como multicriterio inventory control (MCIC), pero todas se encuentran orientadas a la clasificación multicriterio del inventario. La metodología de MCIC aglomera un subconjunto de herramientas y técnicas

que permiten dar tratamiento al control de inventario de las organizaciones apoyado en los conceptos de Flores, Burton y Partovi, Wang Lung, entre otros y dan soporte al diseño y desarrollo del presente trabajo. A continuación se presenta la Figura 2, en la cual Castro, Vélez & Castro U. (2011), definen alguno de los criterios más usados en el tratamiento de problemas MCIC, unidad de medida y tipo de ítems:

| Criterios | Unidad de Medida | Entrada | | Salida | |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|-----------|------------|------------------|
| | | Materias primas | Repuestos | Fabricante | Comercializadora |
| Demanda / Ventas Anual | unidades/año | | | X | X |
| Consumo/ Utilización Anual | unidades/año | X | X | | |
| Inventario Promedio | unidades/año | X | X | X | X |
| Costo Unitario | \$/unidade | X | X | X | X |
| Volumen | m3/unidade | X | X | X | X |
| Criticidad | 0, 1, 2, 3, 4, 5 | X | X | | |
| Costo Anual del Inventario | \$/año | X | X | X | X |
| Costo Anual Demanda/Ventas | \$/año | | | X | X |
| Costo Anual Consumo/Utilización | \$/año | X | X | | |
| Tiempo de Entrega | unidades de tiempo | X | X | | X |
| Tiempo de Producción por lote | unidades de tiempo | | | X | |
| Escasez | 1, 2, 3, 4, 5 | X | X | | |
| Durabilidad | 1, 2, 3, 4, 5 | X | X | X | X |
| Sustituibilidad | 1, 2, 3, 4, 5 | X | X | | |
| Reparabilidad | 1, 2, 3, 4, 5 | | X | X | X |
| Número de Proveedores | Cantidad | X | X | | X |
| Almacenabilidad | 1, 2, 3, 4, 5 | X | X | X | X |
| Tamaño de lote | Unidades | X | | X | X |

Figura 2 – Matriz de Criterios
Fuente: Castro, Vélez & Castro U. (2011)



Clasificación ABC Multicriterio

En vista de que premiar el volumen de venta en pesos como único criterio relevante para seleccionar y clasificar el inventario en las organización, era ya algo insuficiente y caótico para el tratamiento, surgen métodos complementarios al ABC tradicional tales como la matriz de dos criterios de Flores (1992), la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (Analytic Hierarchy Process -AHP-) a problemas de inventarios (por Burton y Partovi), el modelo de optimización lineal alternativo de WanLung, entre otros.

Matriz de dos criterios de Flores

Flores (1987) desarrolla una herramienta llamada "Matriz de dos criterios de Flores" en la que se toma los ítems, dos criterios y se evalúan por aparte, mediante ABC tradicional, para posteriormente ubicarlos dentro de una matriz, reclasificándolos nuevamente y obtener la clasificación ABC bajo dos criterios, como se señala en la siguiente tabla:

| Matriz de dos criterios | | Segundo criterio | | |
|-------------------------|---|------------------|----|----|
| | | A | B | C |
| Primer criterio | A | AA | AB | AC |
| | B | BA | BB | BC |
| | C | CA | CB | CC |

Tabla 1 – Matriz de clasificación de 2 criterios de Flores
Fuente: Flores (1992)

Esta matriz significa que una vez clasificado cada uno de los ítems por dos criterios se debe reclasificar cuál de ellos clasifico como A por el primer y segundo criterio, cual es A en el primero y B en el segundo, cual A en el primero y C en el segundo, así sucesivamente hasta agruparlos en cada una de las casillas de la matriz anterior. Posterior a ello, todos los ítems que ingresaron en la matriz como AA, AB y BA se reubican como los nuevos ítems tipo A, los AC, BB y CA se ubican como los nuevos ítems tipo B y por ultimo aquellos que quedaron dentro del BC, CB y CC conforman los ítems tipo C según la metodología de la comparación de dos criterios de Flores ,tal como se señala en la Tabla 2

| Combinación | | Clasificació | Combinació | | Clasificació |
|-------------|---|--------------|------------|---|--------------|
| | | n | | | n |
| A | A | A | A | C | B |
| A | B | A | C | A | B |
| B | A | A | B | B | B |

| Combinación | | Clasificació |
|-------------|---|--------------|
| | | n |
| B | C | C |
| C | B | C |
| C | C | C |

Tabla 2 – Clasificación resultante de la combinación de los 2 criterios
Fuente: Los Autores



Proceso Analítico Jerárquico de Partovi y Burton

Una aplicación específica del Proceso de Análisis Jerárquico o AHP a la clasificación ABC en el sector farmacéutico la presenta Partovi y Burton (1993) donde se incluyen criterios tanto cuantitativos como cualitativos. Dentro de cada criterio se encuentra una escala con un peso asignado dependiendo de su importancia; una vez determinados los porcentajes de los criterios, se procede a determinar una escala dentro de cada criterio, planteando la siguiente sub clasificación, la cual se ilustra en la Tabla 3.

| Clasificación ABC de SKU | | | |
|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| Precio (0,20) | Leadtime (0,10) | Criticidad (0,50) | Demanda(0,20) |
| 1 Muy alto | 1 Muy largo | 1 Alto | 1 Muy alta |
| 0,78 Alto | 0,78 Largo | 0,78 | 0,78 Alta |
| 0,56 Medio | 0,56 Medio | 0,78 Moderado | 0,56 Medio |
| 0,33 Bajo | 0,33 Corto | | 0,33 Baja |
| 0,11 Muy Bajo | 0,11 Muy Corto | 0,33 Bajo | 0,11 Muy baja |

Tabla 3- Jerarquía de decisión de la clasificación ABC
Fuente: Partovi y Burton (1993)

Estos rangos fueron definidos para refinar el modelo. Por ejemplo, para el criterio criticidad existen tres rangos: Alto, medio y bajo, para los cuales existe una escala que los ubica en 1, 0.78 y 0.33 respectivamente. A esta escala se le asigna un peso obtenido basado en la metodología AHP, la cual es 0.47, 0.37 y 0.16 para los criterios mencionados en su orden. Es decir, una vez normalizado un ítem x dentro del criterio criticidad, se identifica el valor normalizado entre que rango se encuentra y así se le asigna un nuevo valor (0.47, 0.37 o 0.16). Después de asignar el nuevo valor a cada ítem dentro del criterio, este es multiplicado por el peso del criterio. Por ejemplo, el ítem x es de muy bajo precio (0.11), muy corto tiempo de entrega (0.11), baja criticidad (0.33) y de muy alta demanda (1.00). Por tanto, la puntuación final asignada es: Al finalizar los cálculos, se obtiene un consolidado de cada ítem con un nuevo valor asignado, dicho valor es el que se utiliza para clasificar a los ítems bajo ABC tradicional, y con ello se finaliza la metodología, valorando todos los criterios definidos y los pesos asignados a estos, mediante la técnica de Proceso de Análisis Jerárquico AHP.

Modelo de optimización lineal alternativo de WanLung

Frente a la inconsistencia de algunas herramientas, por tener un alto grado de intervención y valor subjetivo, o la complejidad en la aplicación de la misma herramienta, Wang Lung (2007) propuso una nueva técnica matemática robusta, de fácil aplicación y comprensión en el entorno empresarial. El modelo consiste en clasificar todas las mediciones del i-ésimo ítem bajo el j-ésimo criterio denominadas Y_{ij} . Para



su desarrollo, se transforman todas las mediciones en una base comparable. Para convertir los datos de tal manera que queden en una escala de 0 a 1, se utiliza la siguiente fórmula, la cual se aplica a todos los ítems: Para facilitar la clasificación multicriterio del inventario, el modelo incorpora un peso no negativo W_{ij} , el cual es el peso de contribución del rendimiento del ítem i bajo el criterio j al puntaje del ítem. El modelo planteado por WanLung, es como sigue: La restricción (1) es de normalización, mientras que la restricción (2) es la que garantiza la secuencia de los criterios. Por tal motivo los valores de los pesos siempre estarán entre 0 y 1. Después de la transformación del modelo por Wang Lung, éste queda convertido en: Esta nueva formulación cuenta con una excelente propiedad y es que la formulación es un modelo de programación lineal en forma canónica con una sola restricción de igualdad. Básicamente, esta metodología consiste en definir los datos de cada ítem frente a cada criterio, seleccionar posteriormente, el valor máximo y mínimo de cada criterio y aplicar la primera fórmula descrita, con ello se obtendrá nuevos valores para cada ítem frente a cada criterio.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La empresa del sector autopartista objeto de estudio, es una compañía dedicada a la importación y comercialización de repuestos de vehículos automotores (de las marcas y modelos de vehículos más comercializados en Colombia) con 46 años de experiencia en el mercado. La comercialización es realizada a nivel nacional por medio de ejecutivos de cuenta en las diferentes regiones del país. , manejando

4136 Ítems activos en uno de los Centros de Distribución más grandes y estructurados del gremio Autopartista en el país, contando con 2.400. En vista de que la empresa comercializadora requiere garantizar un mejor nivel de servicio de cliente, a través de un mejor nivel de inventario, se debe identificar cuáles son los procesos que no generan valor y perjudican el servicio de entrega. También es importante tener en cuenta las políticas establecidas por la empresa que tiene como premisa de entrega de mercancía, dentro de las primeras 24 horas, una vez el pedido haya sido facturado. Actualmente la empresa realiza la programación del inventario de productos bajo una clasificación ABC tradicional, basados en el criterio de la rotación de estos en los últimos seis meses o con los productos de mayor facturación. Estos criterios de selección del nivel de inventario son insuficientes para poder determinar los niveles de ellos, aun mas cuando la decisión depende de experiencias del funcionario en turno. En el centro distribución se presentan en forma reiterativa los siguientes problemas que afectan su a cadena de abastecimiento:

- Repuestos agotados: Las fábricas presentan periodos de tiempo muy grandes en los que los productos no están disponibles.
- Tiempos de reposición muy amplios: con un tiempo promedio de 30 días, pero con mucha variabilidad debido a problemas en la capacidad de despacho y transporte.
- Inconsistencia entre el inventario físico y el reportado en sistema, lo que genera faltantes en las entregas.



- Sobre stock: generado por problemas de inventarios que se ven evidenciados en el producto no conforme de la empresa, además del costo financiero que acarrea tener inventarios tan altos en la compañía.

El servicio no conforme en el año 2015, se presenta en la Figura 3:

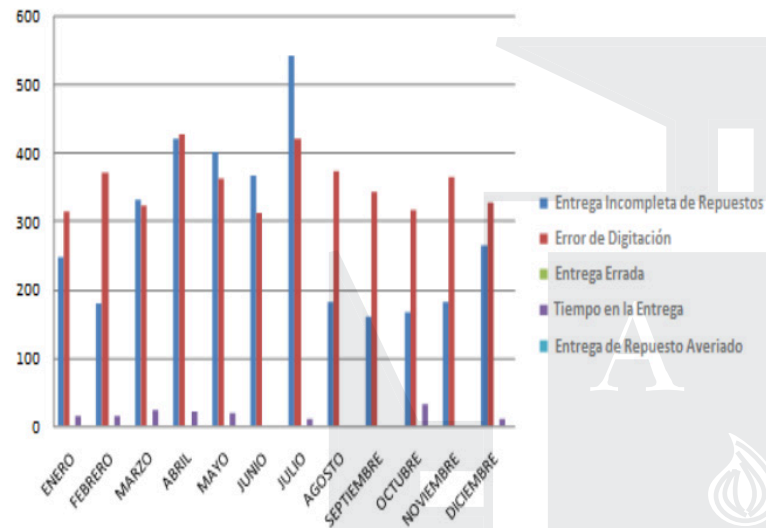


Figura 3- Servicio no conforme - 2015

Fuente. Archivo de la empresa

Aspectos metodológicos

En el desarrollo del trabajo se contextualizaron las fases expuestas en el estado del arte:

- **Registro de datos de demanda** Se recolectó la información histórica para determinar la demanda futura, se realiza análisis de series de tiempo, en el caso particular se encontró que las demandas no presentaban estacionalidades ni

comportamientos cíclicos, de acuerdo con (VIDAL, 2010) quien asegura que para ítems estables o con poca tendencia, las técnicas promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble resultan apropiadas.

- **La clasificación y estudio de los hechos**

Se elabora con base en la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; En esta etapa del proyecto nos apoyamos en las teorías existentes que mejor se relacionen con el caso objeto de estudio. El método básico para pronosticar la demanda es elegido entre varias alternativas de pronósticos, donde se selecciona el más acertado, el que presenta la menor Desviación Absoluta Media. Se establecen medidas claras de desempeño para evaluar la precisión y la oportunidad del pronóstico; estas medidas deben correlacionarse estrechamente con los objetivos del negocio, donde la empresa debe comparar la demanda real con la pronosticada para estimar la precisión del pronóstico y poner en práctica planes para reducir los futuros errores o responder a los observados.

- **La contrastación** Se basa en el establecer una alternativa que logre de una manera más eficiente almacenar los diferentes productos con el fin de lograr un inventario efectivo y aumentar el nivel de servicio y para ello es importante definir "el sistema" donde se debe decidir el modelo a utilizar ; debe ser un modelo que relacione a las variables de decisión con los parámetros y restricciones.

DISEÑO Y DESARROLLO DEL MODELO

En la Figura 4, se puede observar el proceso generalizado del centro de distribución, y también se encuentra subrayado de color rojo el área con la situación problema objeto de estudio.

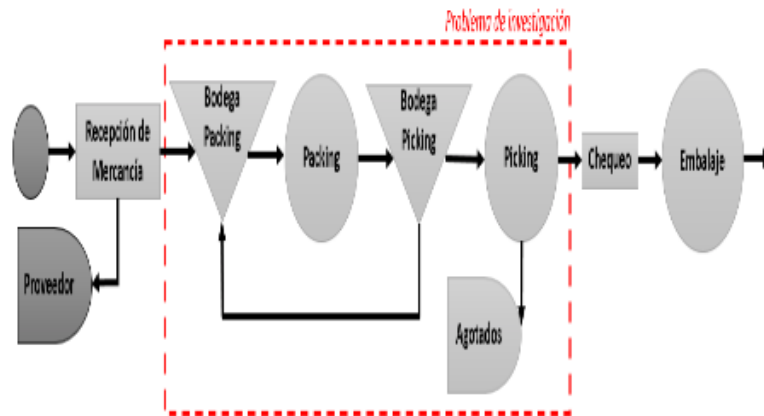


Figura 4- Diagrama del proceso de CEDI

Fuente: Los autores

Recolección de datos

Se inicia la recolección de datos con informes escritos, tabulaciones, información del personal del área, entre otros existente en la empresa, y se toma como base aquellos evaluados entre enero y diciembre de 2015. Según los datos calculados, de los 4.136 sku's que representan el inventario de la empresa objeto de estudio, se obtuvo la siguiente clasificación ABC:

| Nº items | % Items | % Venta Anual | Clasificación |
|----------|---------|---------------|---------------|
| 209 | 5.05 | 66.38 | A |
| 846 | 20.4 | 28.06 | B |
| 3081 | 74.4 | 5.56 | C |

Tabla 4- Resumen Clasificación ABC

Fuente: Los Autores

Proceso de Análisis Jerárquico AHP

El Proceso de Análisis Jerárquico (Analytic Hierarchy Process AHP), se desarrollo teniendo en cuenta los múltiples criterios seleccionados por la empresa:

Rotación promedio mes: expresa las cantidades, en unidades y promediadas en un periodo de doce meses.

Prioridad: Hace referencia a la prioridad en el despacho según la localización del cliente.

Tiempos de entrega: Valorado en días, tomados desde el día de confirmación del recibido de la orden de compra por parte del proveedor a la fecha de llegada de los productos a la bodega.

Criticidad logística: Productos que por su demanda, dependiendo del tipo de la especialidad de la compañía,



deben contar con un nivel de stock alto.

Costo unitario: Valorado en pesos, y representa el costo de compra de cada unidad de producto

Controlados: Hace referencia a los productos que tanto físicamente como en el sistema son contralados por la empresa de una manera aislada por la naturaleza del producto, ejemplo: lubricantes, llantas y baterías; se debe informar mensualmente a la Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente.

En la tabla 5, se indica los porcentajes resultantes del desarrollo del Proceso de Análisis Jerárquico AHP para cada criterio:

| CRITERIO | Porcentaje |
|--------------------------|-------------------|
| COSTO UNITARIO | 40,01% |
| ROTACIÓN | 19,38% |
| TIEMPO DE ENTREGA | 14,09% |
| PRIORIDAD | 14,10% |
| CRITICIDAD | |
| LOGÍSTICA | 7,27% |
| CONTROL | 5,15% |

Tabla 5 : Prioridades de cada criterio según AHP
Fuente : los Autores

En la siguiente tabla se indican los indicadores de consistencia:

| | |
|------------------------------------|-----------|
| N° de criterios | 6 |
| Lambda λ | 6,63 |
| Índice consistencia | 0,12 |
| CI | 6 |
| Índice Aleatorio RI | 1,32 |
| Razón de consistencia | 0,09 |
| CR | 5 |
| Es consistente | SI |

Tabla 6 – Resumen consistencia de criterios según AHP
Fuente : Los Autores

Matriz de dos criterios de Flores

Después de realizada la técnica de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), se toman los dos criterios con mayor peso asignado según la técnica, que para el caso corresponde al costo unitario (en pesos) y la rotación promedio mes (en unidades) para realizar la



metodología de dos criterios de Flores. Inicialmente se realizara una clasificación ABC tradicional para los 4.136 sku´s bajo cada uno de los criterios seleccionados y posteriormente se proceden a clasificar los diferentes ítems bajo los dos criterios establecidos, que hayan cumplido con las condiciones dadas en el marco teórico, esto se presenta en la Tabla 7.

| CRITICIDAD LOGÍSTICA | | | |
|-----------------------------|-------------|----------|----------|
| VENTA ANUAL (\$) | A | B | C |
| A | 78 | 38 | 93 |
| B | 127 | 148 | 571 |
| C | 46 | 106 | 2929 |
| SUB TOTAL | | | |
| TOTAL | 251 | 292 | 3593 |
| TOTAL | 4136 | | |

Tabla 7 - Matriz de resultados de la clasificación de dos criterios de flores

Fuente : Los Autores

La consoliacion de los resultados de la anterior matriz, se ilustran en la Tabla 8, la cual indica que según la metodología de dos criterios de Flores, de los 4.136 sku´s, 243 de ellos corresponden a ítems tipo A, 287 a tipo B y el restante, 3.606, corresponden a ítems clase C.

| Clasificació | N° ITEM | % Total |
|---------------------|----------------|----------------|
| A | 243 | 6% |
| B | 287 | 7% |
| C | 3.606 | 87% |
| TOTAL | 4.136 | 100% |

Tabla 8- Matriz de resultado de 2 criterios de Flores
Fuente : Los Autores

Proceso de Análisis Jerárquico de Partovi y Burton

La metodología de Partovi y Burton, inicia con los fundamentos del Proceso de Análisis Jerárquico – AHP, y continua con el establecimiento de rangos dentro de cada criterio y a éstos les asignan un peso para refinar el modelo; se clasifican los ítems por cada criterio individualmente y se normalizan los datos mediante la asignación del 100% al ítem ubicado en la primera casilla y desde allí se les asigna un peso proporcional al primero.

| COSTO UNITARIO (\$) | | | |
|----------------------------|-----------------------|----------|------|
| 0,40013 | | | |
| Normalización | SUB - CRITERIO | | |
| 100% | 78,1% | Muy alto | 0,36 |
| 78% | 56,10% | Alto | 0,28 |
| 56% | 33,10% | Medio | 0,2 |
| 33% | 11,10% | Bajo | 0,12 |
| 11% | 0,00% | Muy bajo | 0,04 |

Tabla 9 –Jerarquía de decisión Costo Unitario
Fuente : Los Autores



En forma similar, se procede para los otros criterios: rotación, tiempo de entrega, urgencia vital, criticidad logística, y control. Seguidamente se procede a realizar la clasificación ABC multicriterio basados en AHP de la forma siguiente: Se multiplican los valores normalizados obtenidos para cada criterio por el peso asignado a cada criterio y posteriormente se realiza la sumatoria. Es decir:

Siendo:

$$S1 = \text{SKU } 1$$

C_j = Valor resultante del vector prioridad del AHP

En la tabla 10 aparece la clasificación final, se asigna como ítems tipo A, a los 208 primeros sku´s con un porcentaje de participación del 5%, los siguientes 507 referencias con un 12% representan los ítems tipo B, y los restantes ítems, 3.421 sku´s con una participación del 83%, conforman el último grupo, los C.

| Clasificació n | Nº ITEM | % Total |
|-------------------|--------------|-------------|
| A | 208 | 5% |
| B | 507 | 12% |
| C | 3.421 | 83% |
| TOTAL | 4.136 | 100% |

Tabla 10- Clasificación ABC por Partovi y Burton
Fuente : Los Autores

Modelo de optimización lineal alternativo de WanLung

Para la aplicación de este método, se inicia con los datos originales de cada ítem frente a cada criterio. Una vez se obtiene estos datos, se procede a la aplicación de la transformación de los datos mediante la fórmula:

Básicamente, se procede a tomar el valor de la celda y restarle el valor mínimo del total de los valores correspondientes al criterio; y este resultado se divide entre la diferencia existente entre el valor máximo y el mínimo del total de datos Posteriormente, se procede a calcular los promedios parciales basados en los ítems transformados y se obtiene el máximo parcial calculado El mecanismo de obtención para los datos parciales está basado en la siguiente formulación:

Luego se procede a organizar la columna de Máximo parcial de mayor a menor, quedando la clasificación de los 4.136 sku´s bajo el criterio ABC de la siguiente forma:

| Categorí a | # Sku s | % Participació n |
|---------------|------------|------------------------|
| A | 459 | 11% |
| B | 959 | 23% |
| C | 271 | |
| | 8 | 66% |

Tabla11 – Clasificación ABC consolidada de Wang Lung
Fuente : Los Autores



RESULTADOS DEL MODELO

El objetivo de desarrollar la clasificación ABC del inventario por las cuatro técnicas expuestas y clasificar los diferentes ítems teniendo en cuenta los resultados de cada metodología, son resumidos en la tabla 12:

| GRUPO DE INVENTARI O | TRADICIONA L | FLORE S | PARTOV I Y BURTON | WAN LUNG |
|----------------------------|-----------------|------------|----------------------------|-------------|
| | N° SKU | N° SKU | N° SKU | N° SKU |
| A | 209 | 243 | 208 | 459 |
| B | 846 | 287 | 507 | 959 |
| C | 3081 | 3606 | 3421 | 2718 |

Tabla 12 -Resultados clasificación ABC por método
Fuente : Los Autores

Como se puede observar, existe una ligera similitud entre cada categoría con respecto a cada una de las metodologías; por lo tanto, se requiere realizar un estudio más profundo entre los resultados consolidados de los métodos. Para esto, se inicia analizando cuantos de los ítems evaluados, clasificaron al menos entre cuatro y tres de los métodos planteados dentro de cada categoría. Como se puede observar 125 de los ítems, los cuales representan el 3% del total, clasificaron como categoría A por los cuatro o tres métodos estudiados. Un 6% (247 ítems) se agruparon como

categoría B por cuatro o tres métodos y finalmente bajo este mismo criterio el 76% de los sku´s (3.144 referencias) clasificaron como tipo C. En la Tabla 13, se agrupan el número de sku´s que clasificaron en dos métodos, bajo la misma categoría. Para reclasificar estos sku´s, se aplica la metodología de Flores. Como se puede observar 113 de los ítems, los cuales representan el 3% del total, clasificaron como categoría A por dos métodos y por los otros dos como B. Un 5% (221 ítems) se agruparon como categoría B por dos métodos y por los otros dos por C, y finalmente bajo este mismo criterio el 1% de los sku´s (47 referencias)

| TRADICIONA L | FLORE S | PARTOV I Y BURTON | WAN LUN G | N° SKU | TOTA L SKU |
|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|-----------|---------------|
| A | B | B | A | 15 | 113 |
| B | A | B | A | 65 | |
| B | B | A | A | 25 | |
| A | A | B | B | 5 | |
| A | B | A | B | 2 | |
| B | A | A | B | 1 | 221 |
| B | C | C | B | 65 | |
| C | B | C | B | 1 | |
| B | B | C | C | 3 | |
| C | C | B | B | 152 | |
| C | C | A | A | 47 | 47 |

Tabla 13-Consolidación de ítems agrupados por la misma categoría

Fuente : Los Autores



clasificaron como tipo C por un lado y por el otro como A, para estos ítems se aplica el método de Flores y al final se obtiene la siguiente reclasificación:

- Los agrupados como AB pasan como categoría tipo A.
- Los agrupados como CA pasan como categoría tipo B.
- Los agrupados como BC pasan como categoría tipo C.

Una vez que se han clasificado los ítems teniendo en cuenta estos juicios, se obtiene la Tabla 14; la cual consolida cada uno de los ítems agrupados por categorías luego de haber sido evaluados por cada una de las metodologías propuestas en el marco teórico. Esta tabla, presenta los resultados donde se cumplen el objetivo propuesto de establecer una categorización para cada referencia basada no solo en la apreciación de los criterios establecidos por la mesa de trabajo de la empresa objeto de estudio, sino también integrando las cuatro metodologías propuestas para clasificar el inventario de manera más efectiva y oportuna para la organización. Al finalizar el procedimiento para los 4.136 sku´s, se presenta al 8% de las referencias (324) como categorías tipo A, bajo las cuales se deben realizar mayores controles y seguimiento por su grado de prioridad, el 9% (363 de los ítems) representan el inventario tipo B y por último, el 83% de las sku´s (3.449) corresponden a los tipo C, sobre los cuales, los controles son menos estrictos por su categorización.

| Nº | SKU | CLASIFICACIÓN |
|------|------------------|---------------|
| 2 | 11T0754534 | A |
| 82 | 11L0202845 | |
| 86 | 11S0624278 | |
| 87 | 11S0624277 | |
| 88 | 11A0990494 | |
| ... | ... | |
| 1 | 11D0751663 | B |
| 3 | 11L0270001 | |
| 4 | 11D0751667 | |
| 5 | 11D0751664 | |
| ... | ... | |
| 4130 | 1172C129133 9 | C |
| 4131 | 1172A005008 6 | |
| 4132 | 1172R019402 9 | |
| 4133 | 1172B049082 3 | |
| — | — | |

Tabla 14- Clasificación ABC basada en los cuatro métodos

Fuente : Los Autores



Impacto Económico

El impacto económico se está reflejando a través del cumplimiento del despacho de los pedidos desde el centro de distribución; según la propuesta desarrollada, el promedio actual de 86 pedidos se cumpliría en su totalidad según la capacidad instalada del grupo de trabajo que se tiene, y se podría aumentar hasta un promedio de 108 pedidos despachados. Aprobada la propuesta y los diferentes planes de acción logísticos que considere aplicar la empresa objeto de estudio, se estima que los inventarios aumentarían su eficiencia en un 30%, representando la posibilidad de incrementar los ingresos operacionales del área comercial en un 18% anual, el cual quedaría en (\$41.860'000.000) cuarenta y un mil ochocientos sesenta millones de pesos. Con la propuesta se proyecta un aumento en las ventas de un 3% durante los siguientes dos trimestres, y después del primer año un 7% adicional.

CONCLUSIONES

- La ventaja fundamental que tiene la herramienta AHP es el apoyo a la toma de decisiones en problemas de selección de alternativas bajo múltiples criterios, dando la posibilidad de agregación de diversos tipos de información, tanto cualitativas como cuantitativas, lo cual facilita la participación en el proceso, de diferentes personas de la organización con sus respectivos puntos de vista.
- Con respecto al caso de estudio, es importante resaltar que se consideraron criterios que en algunos momentos pueden ser contradictorios,

pero en este caso, la solución permite la tranquilidad que no solo se han considerado todos ellos, sino que cada uno ha recibido la importancia que se merecen de acuerdo con el conocimiento y experiencia de los implicados en el proceso.

- Se comprobó que el objetivo detrás de un buen sistema de Picking; es poder lograr, simultáneamente, una reducción de los costos de separación de la mercadería y un aumento de la velocidad en el procesamiento de los pedidos.
- La efectiva asignación de los niveles mínimos y máximos en el inventario, mejora sustancialmente el grado de satisfacción del cliente; siempre y cuando todas las variables representativas se cuantifiquen y se ordenen según su prioridad.
- Es importante analizar detalladamente la ubicación de los productos de mayor rotación, debido a que los tramos de alistamiento de pedidos son muy extensos; por tanto es necesario evaluar una reubicación de los productos realizando una eficiente distribución en las instalaciones.

REFERENCIAS

- Arboleda, J., & Ramírez, N. (2014). Modelamiento matemático del Programa Maestro de Producción-MPS en una empresa del sector de plásticos. *Ingenium*, 8 (21), Universidad Santiago de Cali.
- Ballou, R.H., (2004). *Logística Administración de la Cadena de Suministro* (5ta. Ed). México: Pearson Educación.



- Bartholdi J. ,Platzman, J. (2001).Design of efficient warehousing. Georgia Institute of Technology. Atlanta, GA
- Castro, Vélez & Castro U. (2011). Clasificación ABC multicriterio: tipos de criterio y efecto en la asignación de pesos. ITECKNE, Volume 8, No. 2, pp 163-170
- Chopra, S., Meindl, P., (2008). Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, Planeación y Operación (3ta. Ed). México: Pearson Educación.
- Cohen, M. A. y Ernst, R. (1988). Multi-item classification and generic inventory stock control policies. Production and Inventory Management Journal, 29 (3), 6-8.
- Guerrero, S.H., (2009).Inventarios: manejo y control (1ra. Ed). Bogotá D.C.: Ecoe Ediciones. Recuperado de http://www.academia.edu/11258910/Inventario_y_Control
- Flores, B. E., Olson, D. L., &Dorai, V. K. (1992). ManagementofMulticriteriaInventoryClassification. Mathematical and ComputerModeling, 16 (12), 71-82. doi: 10.1016/0895-7177(92)90021-C.
- Flores, B. E. &Whybark, D. C. (1987). Implementing Multiple Criteria ABC Analysis. Journal of Operations Management, 7 (1), 79-84. doi: 10.1016/0272-6963(87)90008-8.
- Flores, B. E. &Whybark, D. C. (1986). Multiple Criteria ABC Analysis. International Journal of Operations and Production Management, 6 (3), 38-46.
- Osorio Gomes, J. C., & Orejuela Cabrera, J. P. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio: Ejemplo de aplicación. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 14 (39), 247-252. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920503044>
- Parada, O. G.(2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. Facultad de ciencias económicas y administrativas. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.
- Partovi, F & Burton, J. (1993). Using the Analytic Hierarchy Process for ABC Analysis. International Journal of Operations&Production Management, 13 (9), 29-44.
- Saaty, T. L. (1980). Multicriteria decision making: The analytic hierarchy process. New York: McGraw Hill.
- Schroeder,R.G., Meyer, S.G., Rungtusanatham, J.M., (2011).Administración de operaciones: conceptos y casos contemporáneos. (5ta Ed.). México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de http://www.academia.edu/9359167/Administracion_de_operaciones
- Vidal, C. J. (2010). Fundamentos de Gestión de Inventarios (Cap. 4 y 5). Cali: Universidad del Valle. Cali.
- Wan Lung, N. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. EuropeanJournal of OperationalResearch, 177, 344-353

Trabajos de Grados:

- Duque, H.J.,Cueter,J.L.(2009). Mejoramiento del proceso de flujo de inventarios para las piezas de



reserva y control de orden de pedidos en el almacén de Sofasa – Toyota en Bogotá, mediante una plataforma de software desarrollada en LabView. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. [PDF]. Recuperado de <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis266.pdf>

- Acosta Ríos, M. F., Díaz Pacheco, R. A., & Anaya Salazar, A. P. (2009). Revisión de técnicas de análisis de decisión multicriterio (Múltiple criteria decision analysis -MCDA) como soporte a problemas complejos: Pronósticos de demanda. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 7 (2), 91-110. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1053/105312927007.pdf>
- Anónimo, (11/Dic/2011). Estrategias de Picking. Colombia: Revista logístec. Recuperado de <http://www.revistalogistec.com/index.php/logistica/94-logisticaglobal/651-estrategias-de-picking>
- Ávila, D.Y.; Becerra, D.A. (2012). Implementación de un sistema de inventarios en FD Filtros y Repuestos LTDA. (Tesis de pregrado). Universidad Libre de Colombia, Bogotá D.C. [PDF]. Recuperado de <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/10901/7812/1/AvilaAvilaDaisyYessenia2012.pdf>
- Carvajal, M.A.; Ruiz, C.A. (2012). Implementación de buenas prácticas logísticas en el marco de seguridad industrial, almacenamiento y gestión del control de inventarios en la empresa YOKOMOTOS. (Tesis de pregrado). Colegio Mayor de Nuestra

Señora del Rosario, Bogotá D.C. [PDF]. Recuperado de <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3683/1020751658-2012.pdf?sequence=23>

- Castaño Rojas, Henry Alberto; Martínez León, Liliana; Martínez Olarte, Saúl. (2012). Propuesta para reducir los agotados y disponer el Stock adecuado en los inventarios de materias primas y repuestos de Eternit Pacifico. (Tesis de Posgrado). Recuperado de Hemeroteca Universidad Santiago de Cali.
- Marín, R., (3/Jul/2015). El Picking.. ¿Problema o Solución? Colombia: Revista Zonalogística. Recuperado de <http://www.zonalogistica.com/articulos-especializados/el-picking-problema-o-solucion/>
- Saldarriaga, D.L., (28/Jul/2015). ¿Cómo planear un inventario físico de mercancía? Colombia: Revista Zona logística. Recuperado de <http://www.zonalogistica.com/articulos-especializados/como-planear-un-inventario-fisico-de-mercancia/>
- <http://www.expertoslogistica.com.ar/que-es-peps/>
- <http://elcontadorvirtual.blogspot.com/2009/11/metodo-de-valoracion-de-inventarios.html>
- <http://bpr.securities.com/co/>

Currículo

Jairo Arboleda Zúñiga, Ingeniero Industrial, Universidad del Valle (1985), Magister en Ingeniería Industrial, énfasis en Logística y Producción, Universidad del Valle (2013), Diplomado en



*Colección Académica de
Ciencias Estratégicas*

ISSN-e: 2382-3283

Vol. 3 No. 2

Julio - Diciembre 2016

SupplyChain Management, IRCC–Florida-USA(1999)
. 26 años de experiencia laboral en funciones de
Gestión Logística, Gestión de la Calidad y Mejoramiento
Continuo en empresas multinacionales, pymes
de la región e instituciones públicas. Docente-
investigador de la Facultad de Ingeniería Industrial
de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional
Palmira e investigador del Grupo-LOMA(Logística y
Marketing) con categorización "D" de Colciencias.

John A. Castillo C., Ingeniero Industrial,
Universidad Santiago de Cali (2015).

