

# Propuesta de fortalecimiento del modelo de reposición de inventarios y programación de rutas de entrega, para la mejora del nivel de servicio del centro de distribución a los puntos de venta de una empresa comercializadora en Bogotá

Proposal to strengthen the model of inventory replenishment and programming delivery routes, to improve the level of service distribution center to the points of sales of a marketing company in Bogotá

---

Martha Ruth Mendoza Torres, Luisa Fernanda Guerra Quintero, Erick Giovanni Sanchez Garcia.

## Resumen

**E**l propósito de este artículo es presentar los resultados de la investigación realizada en un único centro de distribución CEDI de una empresa comercializadora de artículos farmacéuticos, medicinales, cosméticos y de tocador los cuales distribuye a sus puntos de venta ubicados en la ciudad de Bogotá. A través del análisis de la información obtenida, se encontró que el modelo de reposición de inventarios y programación de rutas de entrega utilizado por el CEDI, presentaba oportunidades de mejora por cuanto había un desfase entre las cantidades de reposición de artículos que calculaba el modelo y las cantidades realmente demandadas en los puntos de venta, y la programación de envíos, que comprendía la frecuencia semanal y combinación de puntos de venta a ser cubiertos por las rutas de entrega, no coincidía con los tiempos en que los

## Abstract

**T**hese are the research results obtain by observation and data analysis in a single company centre of distribution CEDI which sale pharmaceutical, medicinal, cosmetic and toiletries items, and it distributes them to its sale points located in Bogotá. Through the analysis of the information obtained, found that the replenishment of inventories and delivery routes programming model used by the CEDI presented opportunities for improvement as a gap between the amounts of replenishment of items that estimated the model and the amounts actually had claims in the points of sale. Otherwise, scheduling shipments, which included weekly frequency and combination of points of sale to be covered by routes of delivery, did not coincide with the times in which the points required to be refueled, resulting in depleted in these refe-

---

Recibido / Received: Octubre 07 de 2014 Aprobado / Approved: Mayo 12 de 2015

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación científica y tecnológica terminada.

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Universidad El Bosque, Grupo de Investigación Gintecpro.

Autor para comunicaciones / Author communications: Martha Ruth Mendoza Torres, mendozamartha@unbosque.edu.co

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

puntos requerían ser reabastecidos, dando lugar a referencias agotadas en estos. Por lo anterior, se plantea una propuesta de fortalecimiento del modelo, que abarque la inclusión de parámetros y formulación, que incluyan la variación combinada de demanda de cada familia de artículos, con punto de venta y época del año, los tiempos de entrega de los proveedores del CEDI, y una propuesta de mejora de la programación de frecuencias y cobertura de rutas de distribución que establezca la combinación óptima de puntos de entrega a ser cubiertos por cada ruta, de acuerdo con criterios de volumen de demanda por familia de artículos, en cada punto de venta y época del año, propuestas que tienen como propósito mejorar el nivel de servicio y la oportunidad en la reposición de inventarios para cada punto, desde el centro de distribución.

**Palabras Clave:** modelo de reposición de inventarios, variabilidad de demanda, lead time, rutas de entrega, nivel de servicio.

rences. Therefore, there is a proposal for strengthening of the model, which encompasses the inclusion of parameters and formulation, involving combined variation of demand for each family of products, point of sale and the time of year, the times of the suppliers of the CEDI, and a proposal for improvement of frequency programming and coverage of distribution routes that set the optimal combination of delivery points to be covered by each route, according to criteria of combination of volume of demand by family of articles, at each point of sale and the time of year, proposals which are aimed at improving the level of service and the opportunity in the replenishment of inventories for each point of sale, from the distribution center.

**Keywords:** Information system, inventories, demand, lead time, delivery routes, level of service

## Introduction

El centro de distribución analizado abastece un promedio de 20.000 artículos diferentes a 14 puntos de venta localizados en la ciudad de Bogotá. Para esto cuenta con una plataforma de información a través del cual se realiza la captura, almacenamiento, procesamiento y distribución de dicha información necesaria para la toma de decisiones [1] por parte de la dirección del centro, en cuanto cantidades a reabastecer por referencia para cada punto de venta y programación de las rutas de entrega de mercancía. Esta plataforma tiene un nodo de captura de información en cada punto, el POS (Point of sale) registra las ventas en tiempo real y transmite la información del movimiento de los inventarios al sistema ERP (Enterprise Resources Planning), el cual compara el saldo de inventario disponible por referencia en cada punto con el punto re-orden previamente definido en el sistema, y cuando estos son iguales o el saldo es menor que este punto, procede a emitir un pedido sugerido de reabastecimiento de la referencia en el punto [2].

Como parte de esta investigación se observó por una parte, exceso de inventario de referencias en las tiendas

en determinadas épocas o déficit en otras, e indagando más a fondo se encontró que la programación de la plataforma no tiene en consideración ni la variabilidad de la demanda en el tiempo, ni el tiempo real de entrega de los proveedores de artículos, aún cuando esos son aspectos necesarios para la determinación de los niveles de inventarios de seguridad y el cálculo de cantidades a reabastecer. Al no tomar en consideración dicha variabilidad, la programación de las rutas de entrega de los artículos, no responde a la demanda en cada punto, dando como resultado demoras en el reabastecimiento de algunos de los mismos, disminuyendo así la oportunidad del reabastecimiento a los puntos, es decir el nivel de servicio del centro de distribución.

De acuerdo con lo expuesto, el propósito de este artículo es presentar la propuesta producto del trabajo de investigación realizado para el rediseño del modelo de reposición de inventarios con inventario de seguridad y la reprogramación de rutas óptima para la entrega de mercancía a los puntos de venta. A continuación se presenta el marco teórico sobre el cual se basó el estudio y

análisis de la problemática, para enseguida pasar a mostrar la metodología utilizada, continuando con la presentación de los hallazgos de investigación y finalizar con el modelo de reposición de inventario propuesto, la programación de rutas y el análisis beneficio costo de lo propuesto.

## Marco teorico

### Centro de distribución

Un centro de distribución es “un espacio planificado para ubicar, almacenar y manipular mercancías y materiales” [3, p.100], donde las unidades de empaque recibidas de los proveedores se almacenan temporalmente en tanto se preparan para ser despachadas a los clientes que las solicitan. Para el alistamiento de esos despachos, se agrupan las unidades para conformar unidades de despacho de mayor cantidad y volumen, o se desagrupan en unidades más pequeñas, para así enviar las cantidades y tipos de empaques que requieren los clientes. En consecuencia, los procesos para el manejo de ese flujo de unidades son: recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho. [3, p.100]

La recepción es el proceso de recibo de mercancías enviadas por los proveedores al centro de distribución; el almacenamiento, es la ubicación y custodia de estas mercancías en el espacio disponible para estos fines, dentro de las instalaciones del centro de distribución [4, p.221-226]; la preparación de pedidos incluye el alistamiento de los pedidos y el empaque de los mismos [10, p.44] y el cross docking consiste en coordinar el flujo de mercancías que llega al centro de distribución, con el flujo de despachos de las mismas a los clientes y su transferencia a los vehículos que hacen las entregas [6]; finalmente el despacho organiza los pedidos en el área de salida para ser enviados a los clientes, considerando tipos de mercancías y embalajes para transporte [4, p.241].

### Modelo de inventarios de cantidad de pedida fija con inventario de seguridad

El inventario hace referencia a las mercancías existentes en un momento dado en el centro de distribución o almacén [2, p.547], y el sistema de inventarios a las polí-

ticas y controles que vigilan los niveles de los mismos, determinan cuanto mantener, cual es el momento para reabastecerlos y el tamaño de los pedidos a colocar a proveedores [2, p.547].

Según la dinámica de la demanda del mercado y los tiempos de entrega de los proveedores, se tienen cuatro modelos básicos para el reabastecimiento de los inventarios, que consideran dos dimensiones: el periodo de tiempo transcurrido en el cual se coloca un nuevo pedido a proveedor y el tamaño de ese pedido. Estos modelos de reaprovisionamiento son: en un periodo de tiempo fijo y con cantidad de pedido fija; en un periodo de tiempo fijo y con cantidad de pedido variable; en un periodo de tiempo variable y con cantidad de pedido fija; y en un periodo de tiempo variable y con cantidad de pedido variable [11, p.67].

Para esta investigación se seleccionó el modelo de reabastecimiento de inventarios con cantidad de pedido fija y periodo de tiempo variable, incluyendo un inventario de seguridad para cubrir la variabilidad del tiempo de entrega de los proveedores, por ser el más se ajusta al comportamiento de la demanda la cual presenta variaciones a lo largo del año dependiendo del mes, la referencia y el punto del venta, por lo cual el reabastecimiento se activa dependiendo del comportamiento de la misma, para nivelar el flujo de inventarios del centro de distribución estudiado. [2, p.559-562]

Por lo tanto este modelo se basa en determinar el punto de re-orden (R) y el tamaño del pedido (Q) de cada referencia en cada punto de venta, teniendo en cuenta el inventario de seguridad (z L) y el tiempo de entrega del pedido o lead time (L) del proveedor, con la siguiente formulación:

$$R = \bar{d}L + z\sigma_L \quad (1)$$

Donde:

R = Punto de re-orden

$\bar{d}$  = Demanda diaria promedio

L = Tiempo de entrega en días

z = Numero de desviaciones estándar para el nivel de servicio específico. (Tabla distribución normal)

$\sigma_L$  = Desviación estándar de las unidades promedio vendidas durante el tiempo de re-orden L del proveedor.

$$\sigma_L = \sqrt{L * (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 \dots + \sigma_n^2)} \quad (2)$$

$$Q = Q_{MAX} - z\sigma_L \quad (3)$$

## Pronósticos de la demanda

El comportamiento de la demanda futura de mercancías dependerá tanto de las características de éstas, como de las condiciones económicas, socio-culturales, políticas y la competencia presentes en el mercado [12, p.25]. Los pronósticos permiten predecir el comportamiento futuro de la demanda, y entre los distintos métodos para su cálculo se encuentra la descomposición de una serie de tiempo temporal conformada por los datos históricos de unidades vendidas de cada referencia, con la cual se identifican los componentes de la demanda, calculando factores de ventas estacionales, para que el pronóstico de demanda se ajuste a cada periodo del año según este presente picos o valles, factores que se calculan de la siguiente manera: [2, p.488-492]

$$\text{Factor estacional} = \frac{\text{Ventas pasadas}}{\text{Ventas promedio para cada temporada}} \quad (4)$$

$$\text{Pronóstico estacional} = \text{Ventas promedio pronosticadas para cada temporada} \times \text{Factor estacional} \quad (5)$$

Pero dado que las órdenes de reabastecimiento de los inventarios de las diferentes referencias son activadas cuando el nivel de los mismos llega al punto de re-orden, lo cual ocurre en diferentes intervalos de tiempo según sea la variabilidad de la demanda [2, p.554] para cada época del año, se toma el pronóstico de demanda como base para inicializar el modelo y determinar los puntos de re-orden por referencia y el tamaño económico del lote de pedido [2, p.559], siendo esta una restricción de primer orden del mismo, por cuanto es la demanda real la que activará el modelo, cuando los inventarios en los diferentes puntos de venta llegan al nivel de re-orden.

## Planeación de Inventarios ABC

El principio de Pareto el cual establece que el 20% de los eventos explican el 80% de un fenómeno, por lo que para los inventarios se ha concluido que el menor número de

referencias poseen el mayor porcentaje de pedidos y que el mayor número de referencias tiene un escaso volumen de pedidos [10, p.41]. En consecuencia la clasificación ABC divide el inventario en tres grupos: el grupo A que representa la mayor inversión en dinero o la mayor rotación en términos de unidades vendidas en un periodo de tiempo; el grupo B con una inversión o rotación intermedia; y el grupo C con una baja inversión o rotación [2, p.569].

## Red de distribución a puntos de venta

El transporte es el proceso operativo de la logística que desplaza y posiciona geográficamente el inventario de mercancías, y que se puede realizar mediante medios propios o contratados con operadores logísticos [7, p.167]. Por otra parte una red de distribución es la red de transporte de mercancías, que conecta el centro de distribución mediante arcos con los puntos de venta, los cuales son representados por nodos. [8]

Para efectos de este análisis, el diseño de rutas para los vehículos se realizó con base en el algoritmo del problema del agente viajero, que consiste en determinar el viaje cerrado más corto para visitar “n” ciudades, partiendo de un nodo inicial que en este caso sería el CEDI, único centro de distribución que atiende la demanda de los puntos de venta, para regresar a este mismo. Y como se deben visitar todos los nodos de la red, es decir los puntos de venta, con este método el criterio aplicado fue conectar todos los puntos de venta de la red para garantizar la entrega de las referencias requeridas dentro de la ruta establecida y definir estas rutas para minimizar la distancia recorrida [9] por los camiones del CEDI.

## Nivel de servicio

El nivel de servicio es un indicador de calidad, que establece en qué proporción las cantidades de referencias enviadas por el CEDI a los puntos de venta, corresponden a las cantidades emitidas por el sistema cada vez que este es activado por la demanda que lleva los niveles de inventario a los puntos de re-orden [10].

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Cantidad enviada}}{\text{Cantidad pedida}} \quad [6]$$

## Metodología

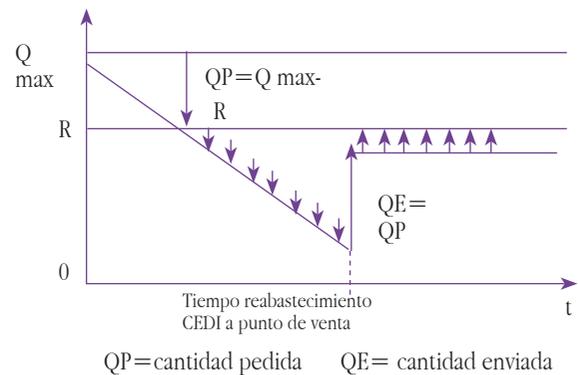
El objetivo de esta investigación fue diseñar una propuesta de fortalecimiento del modelo de reposición de inventarios y programación de rutas de entrega, para la mejora del nivel de servicio del centro de distribución a los puntos de venta de una empresa comercializadora en Bogotá, mediante el diagnóstico del comportamiento de la demanda de cada punto de venta, y el análisis y rediseño del modelo de reposición de inventarios, de tal forma que responda a la variabilidad de la demanda en cada punto y apoye la reprogramación de rutas de entrega, en pro de mejorar el nivel de servicio del centro de distribución a dichos puntos.

Para esto, se analizó el comportamiento de la demanda de cada punto en términos de cantidades solicitadas al centro de distribución por referencia y por grupos de artículos según la época del año, y las ventas en unidades de los mismos, así como el nivel de servicio del centro de distribución a estos.

Los hallazgos del diagnóstico evidenciaron que los cálculos del sistema de generación de pedidos de reposición a puntos de venta de las diferentes referencias, no consideraba la variabilidad de la demanda ni el lead time del centro de distribución, y que para determinar el tamaño de estos pedidos, hacia la diferencia entre la cantidad de pedido fija  $Q$  y la cantidad del punto de re-orden, en vez de tomar como pedido la cantidad de pedido fija  $Q$ , razón por la cual el sistema continuaba generando pedidos diarios a medida que se vendían las unidades en los puntos de venta, y al enviar el pedido original, su cantidad no era suficiente para cubrir la demanda, pues siempre el inventario iba a estar por debajo del punto de re-orden tal como se aprecia en la figura 1.

Por lo expuesto se rediseñó el modelo de reposición de inventarios teniendo como base el modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad [2, p. 559] y factores de estacionalidad [2, p.488], para considerar la variabilidad de la demanda e incluir para el cálculo del tiempo de reabastecimiento del CEDI a los puntos de ventas, el lead time o tiempo de reposición de cada proveedor por categoría, sea nacional o de importación y de acuerdo, ajustando los parámetros y cálculos del modelo.

Fig.1. Modelo del CEDI de reposición de inventario.



En cuanto a la programación de rutas, primero se reclasificaron los puntos de venta de acuerdo con su volumen de ventas derivado de la variabilidad de la demanda, para definir la frecuencia de visitas semanal y las rutas de transporte entre el centro de distribución y cada tienda aplicando el problema del agente viajero [9] para determinar el recorrido óptimo para cada día de la semana, minimizando así las distancias recorridas, que era el objetivo buscado y adicional a este a pesar de no ser el propósito de esta investigación, se redujeron los costos de rodaje de los vehículos del CEDI.

## Resultados

Los resultados de este trabajo se dividieron en dos partes: primera el modelo de reposición de inventarios y segunda la programación de rutas de entrega, lo que se hizo con el fin de mejorar el nivel de servicio del centro de distribución a los puntos de venta.

### Modelo de reposición de inventarios

Se planteó un método mejorado de generación del pedido sugerido para reposición de inventario en punto de venta, mediante el modelo de inventario de cantidad pedida fija con inventario de seguridad, donde el tamaño del pedido es  $Q_{MAX}$ , tal como se aprecia en la figura 2, en vez de la diferencia entre  $Q_{MAX}$  y  $R$ , que es el tamaño actual del pedido de reposición. Con este cambio se eliminó la generación de múltiples pedidos pequeños y se consideraron la variabilidad de la demanda acorde con factores de estacionalidad a lo largo de los meses del año y los tiempos de entrega de cada proveedor.

La metodología que explica cómo funciona el modelo, consta de los siguientes pasos:

- Recalcular el punto de re-orden con la siguiente ecuación:

$$R = \bar{d}_{ijk} L_x + z \sigma_{Lx} \quad (7)$$

Donde:

R = Punto de re-orden.

$\bar{d}_{ijk}$  = Demanda diaria promedio del punto de venta i, de la referencia j, en el mes k  $\times$  FE<sub>ik</sub>

i = Punto de venta i

jh = Referencia j, de la categoría h

h = categoría h, que puede ser categoría A, B o C

Las referencias tipo A son las que tienen un promedio de venta diaria alto, las tipo B un promedio intermedio y las tipo C un promedio bajo, dentro de la composición diaria de unidades de venta de las referencias.

k = Mes k que varía de enero a diciembre.

L<sub>x</sub> = Tiempo de entrega del proveedor x

x = proveedor x,

$z \sigma_{Lx}$  = Inventario de seguridad

z = Numero de desviaciones estándar para el nivel de servicio esperado.

Para un nivel de servicio del 95%, z = 1.64; 98%, z = 2.1; y 99%, z = 2.35.

$\sigma_L$  = Desviación estándar de las unidades vendidas durante L.

$$\sigma_{Lx} = \sqrt{Lx * (\sigma_{ijk})^2} \quad (8)$$

$\sigma_{ijk}$  = Desviación estándar de la demanda del punto de venta i, de la referencia j y categoría h, en el mes k.

$$\sigma_{ijk} = \sigma_{jb} + (\sigma_{jb} \times FE_{ik}) \quad (9)$$

Para el cálculo de la demanda diaria promedio del punto de venta i, de la referencia j y categoría h, en el mes k ( $\bar{d}_{ijk}$ ), se tuvieron en cuenta los datos de las ventas por referencia

de cada mes. Para tener en cuenta la estacionalidad de la demanda durante los meses del año, la demanda promedio diaria se multiplica por el factor de estacionalidad correspondiente para cada punto de venta i y mes k, así:

$$\bar{d}_{ijk} = \bar{d}_{jb} + (\bar{d}_{jb} \times FE_{ik}) \quad (10)$$

$\bar{d}_{ijk}$  = demanda promedio diaria de la referencia j y de la categoría h

FE<sub>ik</sub> = Factor de estacionalidad para el punto de venta i, del mes k

- Recalcular la cantidad máxima, así:

$$QMAX_{ijk} = \bar{d}_{ijk} \times n \quad (11)$$

Donde:

QMAX<sub>ijk</sub> = Cantidad máxima a tener en el punto de venta i, de la referencia j y la categoría h, en el mes k

n = Número de días de inventario que se desean tener de cada referencia

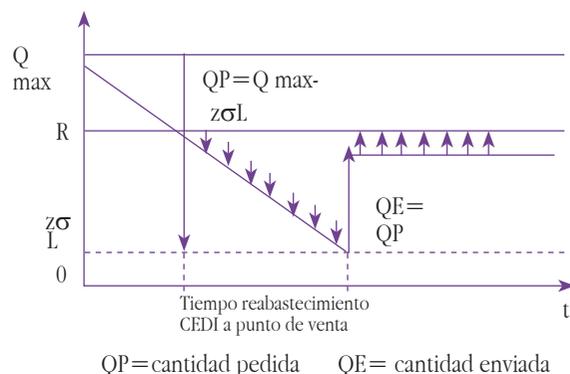
- Recalcular la cantidad a pedir en el punto de venta i, de la referencia j y la categoría h, en el mes k.

$$QP_{ijk} = QMAX_{ijk} - z \sigma_{Lx} \quad (12)$$

- Recalcular la cantidad a pedir en el punto de venta i, de la referencia j y la categoría h, en el mes k.

Con el modelo planteado el comportamiento del inventario quedaría como se observar en la figura 2.

Figura 2. Modelo propuesto de reposición de inventario.



De esta manera se eliminan los múltiples pedidos pequeños, se mejora la cantidad a pedir y se cuenta con un inventario de seguridad, teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda mensual para cada punto de venta y el lead time para cada proveedor.

## Programación de rutas

Además de la mejora anterior al modelo de reposición de inventarios, se replanteó la clasificación de los puntos por volumen de ventas, para suplir las necesidades de abastecimiento de cada uno con una adecuada frecuencia de visita, que tenga en cuenta la variación de la demanda entre estos.

Una vez hecho el análisis de los volúmenes de ventas a lo largo del último año y la periodicidad mostrada de emisión de pedidos de reabastecimiento de inventarios, se pudo establecer que la frecuencia de visita para los puntos de venta de acuerdo con los mismos es: Para los puntos de venta tipo A de gran volumen, frecuencia diaria, para los tipo B de medio volumen, tres veces a la semana y para los tipo C de bajo volumen, dos veces a la semana.

Se procedió entonces a agrupar los puntos de venta teniendo en cuenta además los horarios de recibo de mercancías y la ubicación geográfica, obteniendo la agrupación geográfica que se muestra en la figura 3, y se determinaron los días de reabastecimiento para cada tipo de puntos de venta a lo largo de la semana.

Teniendo los puntos que se desean visitar cada día de la semana, se procedió a utilizar el problema del agente viajero, el cual permitió determinar el orden o ruta que deberá seguir cada camión para hacer el recorrido por cada día de la semana obteniendo para cada uno la ruta óptima, con la menor distancia en kilómetros de recorrido y en consecuencia el menor costo de rodamiento.

$N$  = Grupo de nodos

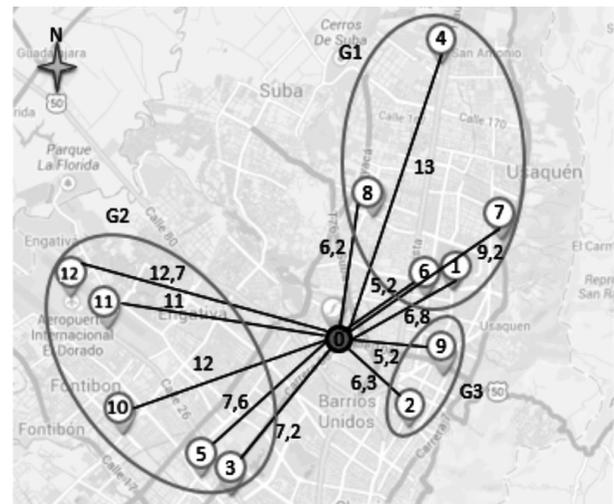
$A$  = Conjunto de arcos

$D =$  Distancia total por recorrido =  
 $\sum d_{ij} =$  distancia del nodo  $i$  al nodo  $j$  13

La programación de rutas propuesta tuvo en cuenta entonces la variación de la demanda en los puntos de

venta ya que la frecuencia de visita propuesta está dada de acuerdo con la participación en ventas de cada punto, a su vez relacionadas con la cantidad pedida al centro de distribución.

**Figura 3.** Agrupación puntos de venta. Figura adaptada de Google. maps por los autores.



Por último se definieron los indicadores de gestión para hacer el monitoreo, seguimiento y control de los inventarios bajo el modelo propuesto, el comportamiento de la demanda de los puntos de venta, el nivel de servicio y la efectividad de las rutas de transporte, siendo los siguientes:

- Nivel de servicio  
 Objetivo: Controlar el nivel de servicio del centro de distribución a los puntos de venta.  

$$= (\text{Cantidad enviada por grupo de productos y por punto de venta}) / (\text{Cantidad pedida por grupo de productos y por punto de venta}) \times 100 \quad (14)$$
- Tiempo de entrega (lead time)  
 Objetivo: Controlar el tiempo que transcurre desde que el punto de venta realiza el pedido y el centro de distribución lo abastece  

$$= (\text{Días de entrega ofrecidos por tipo de proveedor y punto de venta}) / (\text{Días promedio de entrega por proveedor y punto de venta}) \times 100 \quad (15)$$
- Nivel de inventario.  
 Objetivo: Analizar la desviación entre el nivel de inventario existente con relación al esperado.  

$$= (\text{Inventario real del punto de venta}) / (\text{Inventario esperado del punto de venta}) \times 100 \quad (16)$$

- Relación entre la cantidad pedida y la cantidad vendida  
Objetivo: Controlar la relación entre la cantidad pedida y la cantidad vendida por los puntos de venta.  
$$= \frac{\text{(Cantidad pedida por punto de venta)}}{\text{(Cantidad vendida por punto de venta)}} \times 100 \quad (17)$$
Se sugirieron además los siguientes indicadores de gestión para controlar la efectividad de las rutas.
- Eficiencia de las rutas  
Objetivo: Controlar la desviación entre los recursos planificados y los utilizados.  
Formula:  
$$= \frac{\text{(Kilómetros recorridos por camión)}}{\text{(Kilómetros estimados para cada camión)}} \times 100 \quad (18)$$
- Eficacia de las rutas  
Objetivo: Controlar el cumplimiento del cubrimiento de las rutas a los puntos de venta.  
$$= \frac{\text{(Puntos de venta visitados)}}{\text{(Puntos de venta programados)}} \quad (19)$$

Así el propósito de estos indicadores es ser de utilidad para que el CEDI resurta efectivamente los inventarios de los puntos de ventas en las cantidades y en el momento que se requiera, para que estos respondan adecuadamente a la demanda del mercado.

## Discusión

Para el mejoramiento del nivel de servicio del centro de distribución a los puntos de venta, se propuso un modelo de reabastecimiento de inventario, que tuvo en cuenta los tiempos de entrega de los proveedores, la clasificación de las referencias en A, B y C de acuerdo con su rotación de inventario en los puntos de venta y la variación de la demanda, la cual activa la generación de pedidos de re-abastecimiento de los inventarios en los diferentes puntos de venta, a lo largo de todo el año.

Este modelo en consecuencia proporcionó datos del punto de re-orden, la cantidad máxima a tener en cada punto de venta, así como la cantidad a pedir y el inventario de seguridad, el cual cubre la variación de la demanda a lo largo del año e incluye el nivel de servicio esperado, para el cual se propone el 95% de intervalo de confianza el cual es directamente proporcional a las unidades a mantener en cada punto de venta.

Por otra parte, para fortalecer el proceso de entrega de las diferentes referencias a los puntos, se generó un procedimiento de programación de rutas obtenido aplicando el algoritmo del problema del agente viajero, para cumplir con las frecuencias semanales de atención y la cobertura a todos los puntos de venta, al tiempo que contribuye a la reducción de las distancias recorridas por los camiones, lo que a su vez genera un beneficio adicional que es la reducción de costos de rodamiento de los vehículos de entrega de mercancías del centro de distribución.

Y para hacer el monitoreo, seguimiento y control del adecuado funcionamiento de las dos propuestas en su momento de ejecución, se establecieron cuales deben ser los indicadores de gestión que permitan medir, controlar y mejorar continuamente los procesos de reposición de inventarios y programación de rutas de entrega, para que el centro de distribución brinde el mejor servicio a los puntos de venta.

## Conclusión

Con las propuestas presentadas las cuales buscaron regular el flujo de reposición de los inventarios en puntos de venta, a través de considerar la variación de la demanda a lo largo del año y el tiempo de entrega de los proveedores, se espera obtener una reducción del volumen de inventarios en los mismos, producto de una mejor rotación, lo cual se traducirá a su vez en una mejora de la utilidad de la organización.

Por otra parte, al ajustar el modelo de reposición de inventarios para la generación de pedidos en correspondencia con la cantidad fija de pedido y el punto de re-orden, se garantiza el debido reaprovisionamiento de los puntos de venta, lo cual reduce el riesgo de desabastecimiento en los mismos y las ventas pérdidas que se derivarían del mismo, al ser activado este modelo por el comportamiento de la demanda.

En cuanto la programación de rutas propuesta, al regular esta las frecuencias de visita a los puntos de venta acorde con los volúmenes de demanda de los mismos y disminuir las distancias recorridas, contribuye a la reducción de tiempos de transporte lo que redundará en una mejora del nivel de servicio del centro de distribución a los puntos de venta y teniendo como beneficio adicional,

aunque no era el propósito de esta investigación, una reducción de costos de rodamiento.

Por último, queda abierta la posibilidad de articular en una investigación posterior la adquisición de un módulo compatible con la plataforma actual del sistema de información que priorice la programación de las rutas de entrega para atención de los puntos de venta, de acuerdo con la demanda diaria de estos y se sugiere el uso de aplicaciones telefónicas de navegación satelital para seleccionar la ruta optima de acuerdo a la hora del día, ya que estos captan la densidad del tráfico en tiempo real.

## Referencias

- [1] K. C., Laudon, Laudon, J. P. Sistemas de información gerencial. México: Pearson, 2008.
- [2] R. B. Chase, F. R. Jacobs, N. J. Aquilano. Administración de operaciones, producción y cadena de suministros. México: McGraw Hill, 2009.
- [3] L. A. Mora García. Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes. Bogotá: ECOE Ediciones, 2011.
- [4] O. Carranza. Logística, mejores prácticas en Latinoamérica. México: Thomson, 2006.
- [5] M. Mauleon. Sistemas de almacenaje y picking. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003.
- [6] J. O'Neill (2 de 2010). QFinance: The Ultimate Resource. [Enlínea]. Available: <http://site.ebrary.com/lib/bibliobosque/Doc?id=10413478&ppg=2207>. [Último acceso: 28 04 2014].
- [7] D. Bowersox, D. Closs, B. Cooper. Administración y logística en la cadena de suministros. México, D.F: Mc Graw-Hill, 2007.
- [8] M. Estrada Romeu. Análisis de estrategias eficientes en la logística de distribución de paquetería. Barcelona: Albertis, 2008.
- [9] H. A. Taha. Investigación de operaciones. México: Pearson Educación, 2004.
- [10] R. López Fernández. Logística comercial. España: Thompson, 2004.
- [11] E. Arbonés. La empresa eficiente. Bogotá: AlfaOmega, 1999.
- [12] S.H. Huang. Supply Chain Management for Engineers. Taylor & Francis Group, 2013.

---

## Los Autores



### **Martha Ruth Mendoza Torres**

---

Docente investigador, Programa Ingeniería Industrial de la Universidad El Bosque. Docente investigador Programa Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Colombia. Ingeniero Industrial y Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad Militar Nueva Granada. [mendezamartha@unbosque.edu.co](mailto:mendezamartha@unbosque.edu.co), Carrera 7B bis No 132-11, Bogotá, Colombia



### **Luisa Fernanda Guerra Quintero**

---

Ingeniera Industrial, Universidad El Bosque. [lguerra@unbosque.edu.co](mailto:lguerra@unbosque.edu.co)



### **Erick Giovanni Sanchez Garcia**

---

Ingeniero Industrial, Universidad El Bosque. [esanchezg@unbosque.edu.co](mailto:esanchezg@unbosque.edu.co)