

## APLICACIÓN DEL MODELO DE INVENTARIO MANEJADO POR EL VENDEDOR EN UNA EMPRESA DEL SECTOR ALIMENTARIO COLOMBIANO

MARTÍN DARÍO ARANGO\*  
JULIAN ANDRÉS ZAPATA\*\*  
WILSON ADARME JAIMES\*\*\*

### RESUMEN

Este artículo presenta la aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor VMI (Vendor Managed Inventory) en una empresa colombiana de distribución de alimentos, realizando una definición clara de ella y analizando los elementos más relevantes al respecto, como son los beneficios y los modelos más importantes encontrados en la literatura científica sobre VMI. Además, se hace una evaluación comparativa de dos métodos propuestos en la literatura para el cálculo de la cantidad de reabastecimiento con VMI, los cuales se comparan con el procedimiento implementado en la empresa de estudio.

**PALABRAS CLAVE:** VMI; proceso de reabastecimiento; administración de inventarios; modelo action-reward learning; modelo Newsvendor problem.

---

\* Ingeniero Industrial, Universidad Autónoma Latinoamericana. Doctor Ingeniero Industrial, Universidad Politécnica de Valencia, España. Profesor Titular y director del Grupo I+D+I Logística Industrial-Organizacional "GICO", Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. [mdarango@unal.edu.co](mailto:mdarango@unal.edu.co)

\*\* Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia. Magíster (c) en Ingeniería Administrativa. Investigador en la línea de logística, Grupo I+D+I Logística Industrial-Organizacional "GICO". Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. [jazapat1@unal.edu.co](mailto:jazapat1@unal.edu.co)

\*\*\* Ingeniero Industrial, Universidad Industrial de Santander. Doctor (c) en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Investigador, Grupo I+D+I Logística Industrial-Organizacional "GICO". Profesor Asociado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. [wadarme@unal.edu.co](mailto:wadarme@unal.edu.co)

## VENDOR MANAGED INVENTORY APPLICATION IN A COLOMBIAN FOOD ENTERPRISE

### ABSTRACT

This paper presents the application of VMI (Vendor Managed Inventory) in a Colombian enterprise that distributes food products. Here it is shown a clear definition of VMI and it is analyzed the key elements and the most important VMI models that can be found in related research literature. Also presents a comparative assessment of two methods proposed in the literature for calculating the replenishment quantities in a VMI context, which are compared with the current procedure implemented for such propose in the company.

KEY WORDS: VMI; replenishment process; inventory management, action-reward learning model; Newsvendor problem model.

## APLICAÇÃO DO MODELO DE INVENTÁRIO MANEJADO PELO VENDEDOR EM UMA EMPRESA DO SETOR ALIMENTAR COLOMBIANO

### RESUMO

Este artigo apresenta a aplicação do modelo de inventario manejado pelo vendedor VMI (Vendor-Managed Inventory) em uma empresa colombiana de distribuição de alimentos, realizando uma definição clara dela e analisando os elementos mais relevantes ao respeito, como são os benefícios e os modelos mais importantes encontrados na literatura científica sobre VMI. Além disso, faz-se uma avaliação comparativa de dois métodos propostos na literatura para o cálculo da quantidade de reabastecimento com VMI, os quais se comparam com o procedimento implementado na empresa de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: VMI; processo de reabastecimento; administração de inventários; modelo action-reward learning; modelo Newsvendor problem.

### 1. INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de las empresas de reducir los costos en sus operaciones diarias e incrementar los beneficios para los accionistas ha generado que vean a las actividades logísticas como un foco para alcanzar estos dos objetivos (Chopra y Meindl, 2008). Esta necesidad surge como respuesta a la alta competitividad del mercado actual, causada en gran parte por la globalización, que en muchos casos obliga a la empresas a ofrecer sus productos a menor precio, con mejores características de calidad

y con un mayor nivel de servicio al cliente (Porter, 1985; Sallenave, 2002).

La administración de inventarios es una de las actividades logísticas en donde se encuentran más posibilidades de reducir costos para las empresas, mediante una mejor gestión de los materiales almacenados y su transporte (Sallenave, 2002). Una buena administración en este campo permite reducir la cantidad de elementos requeridos en los almacenes, así como aumentar los niveles de cumplimiento de los pedidos de clientes internos y externos (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Frazelle y Sojo, 2007; Chopra y Meindl, 2008; Goldsby y Martichenko, 2005).



Tanto en la bibliografía como a nivel práctico, existen múltiples herramientas y modelos que permiten administrar y calcular los inventarios adecuados, con el objetivo de que los costos logísticos asociados a esta actividad sean mínimos (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Bowersox, Closs y Cooper, 2002; Hugos, 2003; Ghiani, Laporte y Musmano, 2004; Chopra y Meindl, 2008; Taylor, 2008). Como ejemplo de estas herramientas y modelos se encuentran el JIT, modelo de EOQ, políticas de inventario periódico y permanente, VMI, Newsvendor problem y otros (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Bowersox, Closs y Cooper, 2002; Hugos, 2003; Ghiani, Laporte y Musmano, 2004; Chopra y Meindl, 2008; Taylor, 2008).

El inventario gestionado por el vendedor –VMI– (Vendor Managed Inventory) es un sistema de gestión de inventarios que ha modificado el pensamiento tradicional del almacenamiento y distribución de bienes, en cuanto que el inventario, en las etapas de distribución, es centralizado con el propósito de reducir los costos de almacenamiento y especialmente por disminuir los *stockouts* (no disponibilidad de productos) en los puntos de distribución (Khai, 1988; Bowersox, Closs y Cooper, 2002).

Este artículo pretende realizar una caracterización de la herramienta VMI, la cual se usa ampliamente en el contexto internacional, pero es escaso su uso en el latinoamericano. Aquí se realiza una concisa descripción de lo que realmente significa la administración de inventarios por parte del vendedor, abarcando desde los tipos de modelos más importantes de VMI encontrados en la literatura científica al respecto hasta la comparación de los resultados de aplicar algunos de estos modelos en una empresa distribuidora de alimentos en Colombia.

## 2. INVENTARIO GESTIONADO POR EL VENDEDOR –VMI–

VMI (Vendor Managed Inventory) es el proceso en el cual el vendedor asume las tareas de generar pedidos de compra para el reabastecimiento del

inventario de los clientes. Este sistema rompe con la tradicional forma de administración de inventarios, en la que los distribuidores son quienes deciden cuánto, cuándo y dónde ordenar el material que necesitan, aumentando los costos asociados a una gestión de inventarios individual en cada etapa de la cadena de suministro, lo cual es conocido como RMI –Retailer Managed Inventory– (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Bowersox, Closs y Cooper, 2002; Hugos, 2003; Taylor, 2008).

El VMI es un sistema que se puede informatizar para la gestión de inventarios y de la cadena de suministro, donde el proveedor es el responsable de tomar las decisiones acerca de la cantidad de inventario de reposición. Esta herramienta es también conocida como proceso de reabastecimiento continuo y fue popularizada desde la década de los ochenta por compañías como Wal-Mart, K-Mart y Procter & Gamble (Taylor, 2008).

Además, VMI ofrece la posibilidad de sincronizar las decisiones asociadas entre el almacenamiento y la gestión de transporte (TMS). Por otra parte, VMI también proporciona las ventajas de mejorar el servicio al cliente y reducir la incertidumbre en la demanda (Khai, 1988).

Tal como lo expresa Pan-Pro (2004),

el VMI es una combinación de e-commerce, software y personas, en donde el e-commerce es el mecanismo por medio del cual las compañías comunican la información, ya que este sistema no está atado a ningún protocolo informático específico y esta puede ser transmitida por medio de EDI, XML, FTP o cualquier otro método de comunicación confiable. La característica clave del e-commerce es que la información es transmitida a tiempo y de forma precisa y confiable.

Con el VMI se logran beneficios como reducción del costo en el transporte, se generan eficiencias operativas en todo el sistema, obteniendo una mejor rentabilidad (Keskin, Üster y Çetinkaya, 2010), además de la reducción en los tiempos de entrega, y logrando evitar inexistencias de materiales, por causa de aumentos súbitos en la demanda o por

una precaria planificación del inventario. Estas inexistencias pueden ser contrarrestadas mediante un sistema de reabastecimiento continuo, el cual es posible si se aplica otro aspecto importante del VMI: compartir datos básicos de la demanda con el proveedor y lograr la consolidación de las relaciones con él (Keskin, Üster y Çetinkaya, 2010).

## 2.1 Beneficios de VMI

La herramienta VMI ofrece múltiples beneficios tanto para el proveedor o productor, como para el comprador. Aparajit (2005) lista los beneficios para cada uno de las partes involucradas en VMI, así como algunas ventajas combinadas.

### 2.1.1 Beneficios para el proveedor

- A causa de la visibilidad producida por la colaboración, las promociones pueden ser fácilmente incorporadas en los planes de inventario.
- Los productores pueden establecer prioridades de acuerdo con la producción y el reabastecimiento, como consecuencia del conocimiento del inventario del vendedor.
- Al realizar pronósticos conjuntos, se logran pronósticos más precisos, lo que produce una reducción en los faltantes (*stockouts*).
- Los productores pueden planificar para el reabastecimiento basado en prioridades.
- Reducción de los errores en los pedidos de distribución.
- Reducción en los tiempos de abastecimiento (lead times) asociados al productor.
- Incremento del retorno de las inversiones.

### 2.1.2 Beneficios para el comprador

- Reducción de los costos de planificación de generación de pedidos, dado que las responsabilidades son asignadas a los vendedores.
- VMI reduce los faltantes de producto y los niveles de inventario.

- El productor está más focalizado en proveer buen servicio a los distribuidores, con lo cual en parte ayuda a los distribuidores y al negocio en conjunto.
- VMI produce los beneficios de proveer el material adecuado y en el tiempo adecuado, por lo cual se mejora el servicio al cliente en general.

### 2.1.3 Beneficios múltiples

- La información correcta sobre los inventarios ayuda a ambas partes a tener un mejor servicio al cliente.
- Se reduce el tiempo y el costo de generación de pedidos.
- Se disminuye el número de errores asociados a la gestión de inventarios y a la distribución de la mercancía.

Aparajit (2005) establece que las reducciones en los niveles de inventario que pueden obtener tanto el proveedor como el comprador al implementar VMI son el 30 % y 10 % respectivamente. Las reducciones típicas en los costos de transporte para el proveedor son del 10 % y en almacenamiento del 13 %, además de tener incremento en el servicio al cliente superior al 10 %. El comprador puede obtener un incremento en ventas entre 8 y el 10 % y la reducción en los costos logísticos son de alrededor del 3 %.

## 3. MODELOS VMI

Pan-Pro (2004) establece que la implementación de VMI en el mundo se lleva a cabo dentro de tres categorías: colaboración, transferencia por mandato (costo) y totalmente automatizado.

### 3.1 Modelo colaborativo

Un modelo colaborativo consiste en compartir información y desarrollar planes de producción conjunta para las empresas que implementan el VMI. Según Pan-Pro (2004), el proceso colaborativo



ocurre en el nivel táctico. Este esquema funciona de tal forma que el “comprador” colabora con el “proveedor” en los planes de demanda/consumo de cada referencia almacenada (SKU Stock-Keeping Unit), con lo cual se establece un pronóstico conjunto de la demanda, que será utilizado por ambas partes en el desarrollo de los planes de reabastecimiento. En la figura 1 se esquematiza este modelo colaborativo.



Figura 1. Esquema del modelo colaborativo

### 3.2 Modelo de transferencia por mandato (costo)

El modelo de transferencia por mandato, tal como lo expresa Pan-Pro (2004),

es un proceso simple, en donde el objetivo principal del comprador (cliente) es transferir la actividad y los costos del gestión del inventario al proveedor (Vendedor). La ejecución de este modelo es simple y en algunos casos requiere el mínimo o ningún esfuerzo de integración de las partes involucradas. El proceso puede ser tan básico como el solo hecho de que el proveedor envíe una persona al lugar del cliente para que éste realice el conteo del inventario y realice los pedidos de reabastecimiento.

Una de las características más atractivas del modelo para el cliente es que, en ningún momento, se preocupa por el trabajo requerido, ni por la responsabilidad de la administración del inventario (Pan-Pro, 2004). La figura 2 esquematiza este modelo.

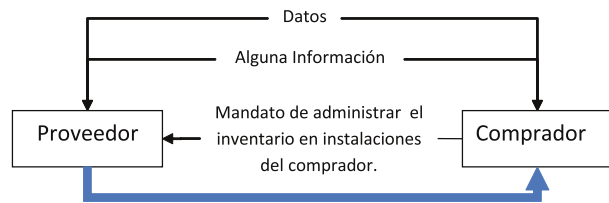


Figura 2. Esquema del modelo de transferencia por mandato

### 3.3 Modelo totalmente automatizado

El modelo totalmente automatizado combina los elementos positivos de cada uno de los modelos anteriores, incluyendo el objetivo principal de la reducción de los costos totales para la cadena de suministro. Está compuesto por cuatro etapas: colaboración, planificación, ejecución y evaluación (Pan-Pro, 2004). La figura 3 muestra estas cuatro etapas.

El modelo se inicia con el proceso macro de colaboración entre las partes, en el cual se establecen los objetivos y las restricciones de la aplicación de VMI. En nivel micro, se usa una herramienta informática (software) encargada de ejecutar la estrategia de reabastecimiento, para alcanzar los objetivos propuestos al menor costo y con el mejor servicio al cliente posible (Pan-Pro, 2004).

La ejecución hace referencia a la puesta en marcha de la acción de reabastecimiento, a partir de la información de la demanda entregada por el comprador. Esta etapa, que es de orden operativo, se debe realizar diariamente para asegurar el correcto funcionamiento del VMI. Finalmente, es necesario llevar a cabo un proceso de evaluación, en el cual se debe analizar el desempeño de la herramienta VMI, para observar la calidad de las operaciones de reabastecimiento, el estado de los objetivos propuestos, las actividades de planificación y la realimentación del modelo (Pan-Pro, 2004).

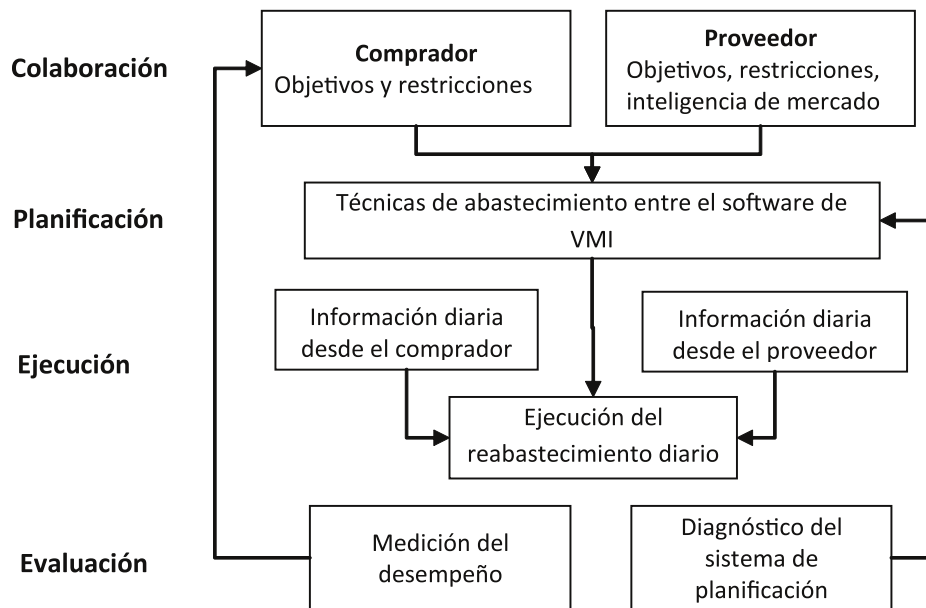


Figura 3. Etapas básicas del modelo totalmente automatizado

Fuente: Pan-Pro (2004)

## 4. METODOLOGÍA

Con el propósito de determinar el efecto de aplicar VMI entre la planta productiva (en este caso el proveedor de materiales) y los centros de distribución (compradores) de una empresa del sector de alimentos en Colombia, se analizaron los costos operativos totales promedio de mantener inventario en la operación de reabastecimiento, utilizando VMI, mediante el estudio del costo promedio individual de realizar dicho ejercicio de tres formas diferentes. La primera es por medio de la implementación del modelo de “action-reward learning” presentado por Kwak *et al.* (2009); la segunda es elaborando los planes de reabastecimiento basados en el modelo del problema del joven vendedor de periódicos (Newsvendor problem) (Silver, Pyke y Peterson, 1998; Bowersox, Closs y Cooper, 2002; Frazelle y Sojo, 2007; Goldsby y Martichenko, 2005), y la tercera, mediante la forma actual de realizar el proceso de reabastecimiento en la empresa. En

los apartados posteriores se hace una descripción de estos modelos.

### 4.1 Action-reward learning

El modelo “action-reward learning”, propuesto por Kwak *et al.* (2009), se fundamenta en determinar las cantidades de reabastecimiento (reposición de inventario), mediante un análisis de un factor de compensación, el cual determina el costo mínimo asociado a tomar una decisión de reabastecimiento, basado en la cantidad de ajuste de la orden de reabastecimiento que minimiza los costos de mantener inventario o perder ingresos por no satisfacer la totalidad de la demanda, teniendo como punto de comparación el efecto de emplear el factor de compensación para los datos del periodo previo.

El algoritmo del modelo puede ser resumido de la forma indicada en la tabla 1, donde la notación de las variables y factores del modelo se consignan.



**Tabla 1.** Notación para el modelo action-reward learning (Kwak *et al.*, 2009)

Símbolo	Descripción
t	Periodo de reposición (t= 0,1,2,...)
$D_t$	Demandas reales de los clientes realizadas durante [t, t+1)
$\hat{D}_t$	Paso anticipado previsto en la demanda del cliente en el periodo t
$\hat{\sigma}_t$	Desviación estándar estimada para la demanda del consumidor en el periodo t
$I_t$	Nivel de inventario al comienzo del periodo t
$Q_t$	Cantidad de reposición al comienzo del periodo t
$\rho_i$	Valor del factor de compensación (CF)
$\Theta$	Conjunto de valores CF ( $\Theta = \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n\}$ )
h	Costo de mantener el inventario por SKU (referencia)
S	Costo por la escasez de inventario por SKU
$C_t(\rho_i)$	Costos incurridos en inventario en periodo t, cuando CF $\rho_i$ es elegido en el periodo t-1
$\bar{C}_t(\rho_i)$	Costo de inventario promedio calculado en el periodo t, cuando CF $\rho_i$ es elegido en el periodo t-1.

El nivel de inventario del minorista  $I_t$  en el comienzo del periodo de reposición t se calcula por la ecuación 1.

$$I_t = I_{t-1} + Q_{t-1} - D_{t-1} \quad t = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

El costo de mantener el inventario de cada SKU es h y ocurre cuando  $I_t$  es positivo. El costo por escasez de cada SKU es s y ocurre cuando  $I_t$  es negativo.

La cantidad de reposición  $Q_t$ , en el comienzo del periodo t, consiste en una proyección media de la demanda y una adición (o sustracción) producida por el factor de compensación (CF), luego:

$$Q_t = \hat{D}_t + (1 + \rho_i) \hat{\sigma}_t - I_t \quad (2)$$

Donde  $\rho_i$  es el valor elegido de CF en el periodo t de reposición; puede ser negativo o positivo.

$\hat{\sigma}_t$  es la desviación estándar estimada de la demanda de los clientes, calculada como

$\hat{\sigma}_t \approx 1,25 \times MAD_t$ . Representa  $MAD_t$  la desviación media absoluta de las previsiones de error; se calcula como  $MAD_t = (1 - \gamma)MAD_{t-1} + \gamma |D_{t-1} - \hat{D}_{t-1}|$ .

El costo de inventario que se produce al comienzo del periodo t por  $\rho_i$  se calcula como:

$$C_t(\rho_i) = \varepsilon \times |I_t|, \quad \text{donde } \varepsilon = \begin{cases} hsi & I_t \geq 0 \\ ssi & I_t < 0 \end{cases} \quad (3)$$

El costo  $C_t(\rho_i)$  se promedia con los valores anteriores y se denota como  $\bar{C}_t(\rho_i)$ . El costo promedio de inventario para un valor de CF  $\rho_i$  se halla usando el método exponencial de la media ponderada definido en la ecuación 4.

$$\bar{C}_t(\rho_i) = \bar{C}_{t-1}(\rho_i) + \beta_t^i [C_t(\rho_i) - \bar{C}_{t-1}(\rho_i)] \quad (4)$$

Donde  $C_0(\rho_i) = 0$  para  $\rho_i \in \Theta$ .

$\beta_t^i$  es un parámetro de suavizamiento adaptable. Cuando la demanda de los clientes cambia abruptamente,  $\beta_t^i$  debe tomar un valor alto, de tal forma que los datos recientes de la demanda tengan

mayor peso en la ecuación del costo total promedio (ecuación 4). Cuando la demanda se comporta de forma estable,  $\beta_t^i$  debe tomar valores pequeños. El parámetro se calcula con la ecuación 5.

$$\beta_t^i = \left| \frac{MD_t^i}{MAD_t^i} \right| \quad (5)$$

Según Kwak *et al.* (2009), el rango del valor de CF puede ser considerado como un parámetro necesario para “action-reward learning”. Los mismos autores sugieren usar valores de CF entre 2 y -4, lo cual cubre casi cualquier demanda, ya que se asegura que el modelo toma la demanda media del consumidor, más de tres veces de la desviación estándar por encima y por debajo de dicha media.

El mejor valor de CF ( $\rho^*$ ) se debe seleccionar con el valor de  $\rho^*$  que minimice los costos. La forma de realizar la selección de dicho parámetro se explica en el trabajo original de Kwak *et al.* (2009).

#### 4.2 Newsvendor problem

De acuerdo con Ghiani *et al.* (2004), en el problema del joven vendedor de periódico (Newsvendor problem) “una decisión de reabastecimiento debe ser hecha al inicio de cada periodo para una referencia individual, en la cual la demanda no es conocida con anterioridad”. En este modelo, el objetivo principal es maximizar las ganancias operativas, para lo cual se determina la cantidad de reabastecimiento, sabiendo que se conoce la ganancia marginal de vender un producto que está en inventario (denotada por la letra “h”), así como la pérdida marginal por cada unidad no vendida (denotada por la letra s).

Para determinar la cantidad que debe pedir el comprador, de forma que se minimicen los costos, es necesario calcular la probabilidad de que la demanda (d) no exceda la cantidad ordenada, lo cual

se cumple con la ecuación 6. Posteriormente, mediante la ecuación 8 es posible hallar la cantidad de abastecimiento (Ghiani, Laporte y Musmano, 2004).

$$P(d \leq Q_t) = \frac{(S)}{(s + h)} \quad (6)$$

$$Q_t = \Phi^{-1} \left( \frac{s}{s+h} \right) \quad (7)$$

Luego, la cantidad de producto para pedir en cada periodo de reabastecimiento es denotada por la ecuación 8, donde  $I_t$  es el inventario del producto de reabastecimiento que tiene el comprador, en el instante de realizar el pedido (Kwak *et al.*, 2009).

$$Q_t = \Phi^{-1} \left( \frac{s}{s+h} \right) - I_t \quad (8)$$

### 5. RESULTADOS

Los dos métodos descritos para realizar los pedidos de reabastecimiento, siguiendo la política de VMI, fueron aplicados en una empresa manufacturera de productos alimenticios, entre la planta de producción y el centro de distribución, con el objeto de minimizar los costos logísticos globales. En la actualidad, para realizar los pedidos de reabastecimiento, se procede de acuerdo con el promedio de la demanda real de los tres últimos periodos, considerando la adición o sustracción de la cantidad para pedir como faltante o exceso del inventario en el periodo de estudio.

La demanda real de cada mes (periodo) durante un año (Dt), la demanda pronosticada utilizando promedio móvil de tres periodos (Dt pronóstico), la cantidad de producto ordenada en cada periodo (Qt), el inventario o los faltantes (It) y los costos por periodo (Ct) y promedio ( $\bar{C}$ ) asociados a este procedimiento se reportan en la tabla 2.





En la tabla 3, se reportan las mismas variables del método utilizado en la empresa, pero con los datos del modelo propuesto por Kwak *et al.* (2009) y además los valores para el factor de compensación

( $\rho^*$ ). Los datos de las mismas variables, empleando el modelo del Newsvendor problem, se muestran en la tabla 4.

**Tabla 2.** Demanda real, cantidad de reabastecimiento y costos de la condición actual de la empresa

t	D <sub>t</sub>	D <sub>t</sub> pronóstico	I <sub>t</sub>	Q <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>	$\bar{C}_t$
0	87,10	78,07	0,00	78,07	0,00	0,00
1	84,19	82,23	-9,03	91,25	45,14	45,14
2	69,22	83,36	-1,97	85,33	9,83	27,49
3	61,83	80,17	14,14	66,03	28,29	27,75
4	98,32	71,75	18,34	53,41	36,68	29,98
5	76,51	76,46	-26,57	103,03	132,87	50,56
6	87,62	78,89	-0,05	78,94	0,24	42,17
7	60,69	87,48	-8,74	96,22	43,69	42,39
8	81,19	74,94	26,80	48,14	53,59	43,79
9	93,40	76,50	-6,25	82,75	31,24	42,40
10	71,59	78,42	-16,90	95,32	84,49	46,61
11	75,38	82,06	6,84	75,22	13,67	43,61
12	75,00	80,12	6,68	73,44	13,36	41,09

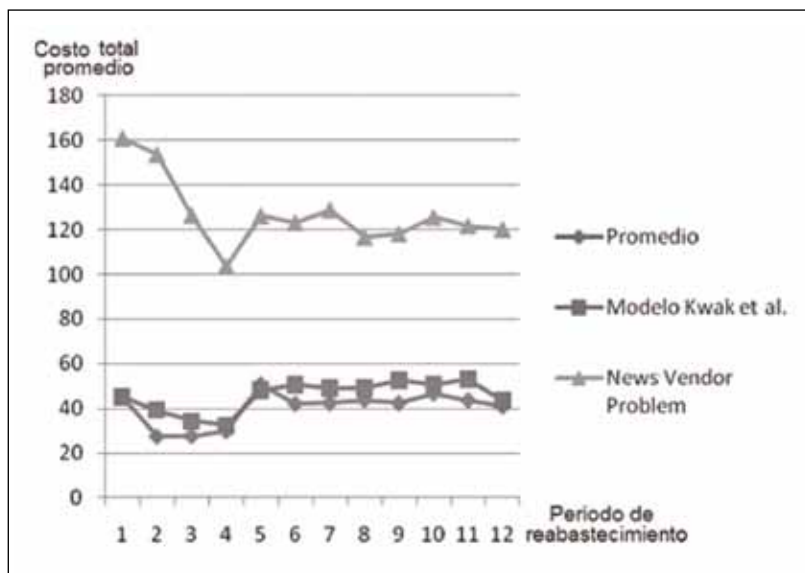
**Tabla 3.** Datos para los modelos de Kwak *et al.* (2009)

t	D <sub>t</sub>	D <sub>t</sub> pronóstico	I <sub>t</sub>	Q <sub>t</sub>	P <sub>i</sub> <sup>*</sup>	C <sub>t</sub>	$\bar{C}_t$
0	87,10	78,07	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
1	84,19	78,97	-9,03	78,07	0,10	45,14	45,14
2	69,22	79,49	-3,98	89,24	-4,00	19,90	39,25
3	61,83	78,47	5,27	78,47	-2,30	10,54	34,40
4	98,32	76,80	13,01	69,58	-0,20	26,03	32,32
5	76,51	78,95	-17,85	67,46	-3,00	89,25	47,99
6	87,62	78,71	-11,19	83,17	2,00	55,94	50,53
7	60,69	79,60	10,41	109,22	-0,20	20,82	48,97
8	81,19	77,71	24,44	74,72	-2,20	48,89	48,96
9	93,40	78,06	-13,78	42,96	0,40	68,90	52,71
10	71,59	79,59	-3,92	103,26	-3,50	19,58	50,69
11	75,38	78,79	-15,15	60,35	-1,30	75,76	53,14
12	75,00	78,45	0,61	91,14	1,80	1,23	43,62

En la figura 4, se presenta la evaluación de los costos operativos totales promedio de mantener inventario en la operación de reabastecimiento, para los tres modelos empleados en el cálculo de las cantidades de reabastecimiento.

**Tabla 4.** Datos para el modelo Newsvendor problem

t	D <sub>t</sub>	D <sub>t</sub> pronóstico	I <sub>t</sub>	Q <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>	C̄ <sub>t</sub>
0	87,10	0,00	0,00	54,89	0,00	0,00
1	84,19	45,14	-32,21	87,10	161,06	161,06
2	69,22	27,49	-29,31	84,19	146,54	153,80
3	61,83	27,75	-14,34	69,22	71,68	126,42
4	98,32	29,98	-6,95	61,83	34,73	103,50
5	76,51	50,56	-43,44	98,32	217,18	126,24
6	87,62	42,17	-21,62	76,51	108,11	123,22
7	60,69	42,39	-32,74	87,62	163,70	129,00
8	81,19	43,79	-5,80	60,69	29,01	116,50
9	93,40	42,40	-26,30	81,19	131,51	118,17
10	71,59	46,61	-38,51	93,40	192,56	125,61
11	75,38	43,61	-16,70	71,59	83,51	121,78
12	75,00	41,09	-20,49	75,38	102,46	120,17



**Figura 4.** Evolución de los costos de los tres modelos analizados



Mediante las tablas 2, 3 y 4 y la figura 4 es posible observar que la estrategia de abastecimiento que menor costo produce en la actividad de gestión de inventarios bajo la modalidad VMI es la correspondiente a realizar el promedio móvil con la información suministrada de demanda real del distribuidor, tal como lo hace la empresa en la actualidad. Muy cerca de este costo se encuentra el asociado a utilizar el modelo “action-reward learning” (Kwak *et al.*, 2009), y por último está, con un incremento considerable en los costos, el modelo del Newsvendor problem.

El bajo costo obtenido usando el método actual de la empresa, con el promedio de las tres demandas anteriores al periodo de reabastecimiento, se atribuye básicamente a la comunicación eficaz, precisa y confiable de la demanda que existe entre la planta productora y un distribuidor de la empresa analizada, tal como lo sugiere el modelo colaborativo. Sin embargo, este modelo puede presentar inconvenientes en el momento en que la comunicación se debilite, por no conocer los valores de la demanda real o porque esta información no se tenga a tiempo, ya que el error asociado a la incertidumbre de los meses anteriores producirá pronósticos infravalorados o sobrevalorados, lo que incrementa los costos totales de distribución.

El modelo “action-reward learning” (Kwak *et al.*, 2009) también ofrece unos costos totales muy bajos y cercanos a los obtenidos actualmente por la empresa. Sin embargo, este modelo puede obtener mejores resultados en el caso en que la demanda tenga cambios bruscos, ya que el factor de compensación actuará a favor de la empresa, suavizando las variaciones bruscas en las cantidades por distribuir.

El modelo del Newsvendor problem muestra el panorama de no tener buena comunicación entre el productor y el distribuidor, ya que cada mes es necesario calcular la cantidad por reabastecer, sujeto sólo a los datos de los márgenes de ganancia y pérdida, sin considerar el comportamiento de la demanda real durante diferentes periodos. Así, el error asociado a pedir la cantidad que propone este

modelo es muy alto comparado los dos modelos anteriores, lo cual ratifica la importancia de una correcta transferencia de información y de adecuadas relaciones entre las empresas pertenecientes a una misma cadena de suministro.

Sin embargo, en el caso en que los datos de la demanda no se conozcan, el modelo del Newsvendor problem puede ser muy importante, gracias al análisis estadístico que lo fundamenta, ya que al basarse en las ganancias marginales para determinar la cantidad óptima para pedir, permite minimizar los costos del proceso de abastecimiento.

## 6. CONCLUSIONES

Es posible concluir con el presente artículo sobre el gran componente teórico que se encuentra alrededor de una técnica de gestión de inventario de tan alto impacto en las empresas, como es el caso del VMI, la cual permite reducir los costos globales de los sistemas de distribución y almacenamiento entre empresas productoras y sus distribuidores. Al establecer que el inventario en escalones superiores de la cadena de suministro sea administrado por una sola empresa, se logra la eliminación de inventarios dobles y la reducción de algunos costos de almacenamiento.

Existen varios modelos que permiten calcular las cantidades de reabastecimiento, los cuales varían desde el uso de técnicas de pronóstico simple hasta métodos matemáticos avanzados para determinar las cantidades por ordenar, los cuales involucran consideraciones económicas. Es importante conocer estos modelos, evaluarlos y usarlos en aquellas situaciones en que realmente puedan ser implementados. Los modelos de optimización son buenos, algunos se ajustan mejor que otros, dependiendo de las circunstancias y condiciones dadas por el entorno empresarial.

Una conclusión fundamental acerca de la herramienta VMI y de los modelos que permiten realizar sus planes de reabastecimiento es la

necesidad de que la información fluya de forma efectiva y eficiente entre el distribuidor y el vendedor. La información es el principal motor de la reducción de las cantidades por ordenar, dado el grado de conocimiento que puede obtenerse acerca de la demanda. Lo anterior ratifica la importancia y la necesidad de emplear tecnologías de transferencia de información entre las empresas que pretendan implementar VMI, como es el caso del intercambio electrónico de datos (EDI), lenguaje marcado extensivo (XML) o comercio electrónico (e-commerce).

Luego de analizar el resultado de utilizar diferentes modelos de VMI en una misma empresa, se puede concluir que el mejor método para realizar los cálculos de reabastecimiento no debe estar basado en complejidad sino en su operatividad. En el caso de la empresa de estudio presentado en este artículo el método más simple (el promedio de tres periodos) es el que arrojó mejores resultados. Lo realmente importante es analizar, de forma particular, cada empresa y sus características de mercado, para luego determinar cuál es el modelo más apropiado de VMI que se usa.

## REFERENCIAS

- Aparajit, S. (2005). Demystifying VMI: Vendor Managed Inventory. PGDIE Class of 2005, NITIE, Mumbai: [consultado el 29 de enero de 2011]. Disponible en: <[http://www.coolavenues.com/know/ops/sarang\\_vmi\\_1.php3](http://www.coolavenues.com/know/ops/sarang_vmi_1.php3)>.
- Bowersox, D.; Closs, D. and Cooper, M. *Supply chain logistics management*. 1st ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
- Chopra, S. y Meindl, P. *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. 3 ed. México D. F.: Pearson Prentice Hall, 2008. 552 p.
- Frazelle E. H. y Sojo, R. *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogotá: Norma, 2007. 334 p.
- Ghiani, G.; Laporte, G. and Musmanno, R. *Introduction to logistics systems, planning and control*. West Sussex, England: John Wiley and Sons, 2004. 360 p.
- Goldsby, T. and Martichenko, R. *Lean six sigma logistics: Strategic development to operational success*. Boca Raton, FL: J. Ross, 2005. 304 p.
- Hugos, M. H. *Essentials of supply chain management*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003. 254 p.
- Keskin, B.; Üster, H. and Çetinkaya, S. (2010). "Integration of strategic and tactical decisions for vendor selection under capacity constraints". *Computers & Operations Research*, vol. 37, No.12 (December), pp. 2182-2191.
- Khai, E. G. S. (1988) What is Vendor Managed Inventory?: [consultado el 29 de enero de 2011]. Disponible en <<http://www.vendormanagedinventory.com/articles.php>>.
- Kwak, C.; Choi, J. S.; Kim, C. O. and Kwon, I-H. (2009). Situation reactive approach to Vendor Managed Inventory problem. *Expert Systems with Applications*, vol. 36, No. 5 (July), pp. 9039-9045.
- Pan-Pro (2004). Vendor Managed Inventory primer: [consultado el 29 de enero de 2011]. Disponible en: <[http://www.pan-pro.com/info/frameset.html?vmi\\_primer.html](http://www.pan-pro.com/info/frameset.html?vmi_primer.html)>.
- Porter, M. *Competitive advantage*. New York, USA: Free Press, 1985.
- Sallenave, J. P. *La gerencia integral. ¡No le tema a la competencia, témale a la incompetencia!* Bogotá: Norma, 2002. 280 p.
- Silver, E. A.; Pyke, D. F. and Peterson, R. *Inventory management and production planning and scheduling*. 3 ed. New York: John Wiley and Sons, 1998. 754 p.
- Taylor, G. Don. *Logistics engineering handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008. 640 p.