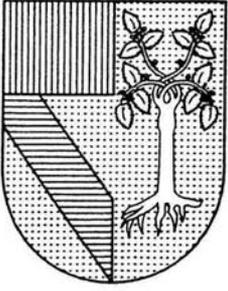


308917



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE  
INVENTARIOS PARA UNA EMPRESA  
COMERCIALIZADORA DE ABARROTÉS**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:  
DANIEL MORALES GÓMEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ALFONSO LEAL GUAJARDO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios, por permitirme llegar a este momento.

A mi esposa, por su apoyo incondicional.

A mis padres, por su sacrificio a lo largo de todos estos años.

A mis hijos, por ser mi motivación.

A mis hermanos, por su respaldo e impulso.

## ÍNDICE

Introducción.....	iv
1. Antecedentes.....	1
1.1. Acerca de la empresa.....	2
1.2. Delimitación del problema.....	2
1.3. Acerca del control de los inventarios y su importancia.....	3
2. Sistema actual.....	5
2.1. Definición del sistema.....	6
2.2. Crítica al sistema.....	8
3. Sistema propuesto.....	11
3.1. Aspectos generales.....	12
3.2. Introducción al sistema.....	13
3.2.1. Conceptos.....	13
3.2.2. ¿Qué es un sistema ABC?.....	16
3.2.2.1.La filosofía del sistema.....	17
3.2.2.2.Del criterio de orden.....	17
3.2.2.3.De la clasificación.....	20
3.2.3. Descripción detallada del sistema.....	23
4. Lote de seguridad, Inventario de seguridad y factores de corrección.....	41
4.1. Lote de seguridad.....	42
4.1.1. Distribución discreta de demanda.....	43
4.1.2. Distribución continua.....	45
4.1.3. Factor de corrección de tiempo.....	52
4.2. Inventario de seguridad.....	52
5. Simulación del modelo y análisis de resultados.....	56
5.1. Consideraciones generales.....	57
5.1.1. Variables.....	57
5.1.2. Generadores de demanda.....	58
5.2. Hoja de cálculo.....	59
5.3. Corrida de la simulación.....	59

5.4. Análisis de resultados.....	70
5.5. Costos y beneficios.....	74
5.5.1. Costos de implantación y operación.....	74
5.5.2. Beneficios esperados.....	77
6. Aspectos relevantes.....	80
6.1. Indicadores.....	81
6.2. Papel del almacén en el control de los inventarios.....	82
6.3. Prácticas éticas de compras.....	84
6.3.1. Concepto de ética.....	84
6.3.2. Código de ética.....	85
6.3.3. Las influencias dudosas.....	87
6.4. Manual de políticas y procedimientos.....	88
Conclusiones.....	vii
Anexo 1.....	x
Anexo 2.....	xi
Bibliografía.....	xii

## **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

Esta tesis nace con el propósito de dar una solución a un problema real: controlar los inventarios en una de tantas empresas que sufren de inventarios excesivos. Sin embargo nuestro propósito no es dar una solución ficticia resolviendo sólo los síntomas de la enfermedad, sino dar una solución de fondo que nos resuelva el problema desde la raíz de los mismos.

La enfermedad nace en un departamento al que hasta hace pocos años se le daba muy poca importancia, sobre todo en países no desarrollados: el departamento de compras. Su importancia radica en que es este departamento el encargado de abastecer a las organizaciones del material necesario para que éstas funcionen y su papel es de primordial importancia para la generación de utilidades

“La operación eficiente de cualquier industria y comercio depende de la renovación adecuada de la inversión. Podemos decir que actualmente el empresario no puede conformarse con hacer lo mejor que pueda en relación a las compras. El bienestar de la compañía depende de la rotación de sus inventarios y de la mejor forma de utilización de su capital”.<sup>1</sup>

Dado lo anterior y tomando en cuenta las necesidades actuales de la empresa en cuestión, creemos necesario elaborar un método sistemático que nos resuelva las tres preguntas básicas que surgen en el control de los inventarios: ¿qué comprar?, ¿cuánto comprar? y ¿cuándo comprar?.

Se pretende dar una solución matemática a un problema operativo y actualmente existen innumerables métodos determinísticos y probabilísticos que ayudan en un momento dado a resolver los cuestionamientos básicos del control de los inventarios, Sin embargo la empresa que será objeto de nuestro estudio tiene ciertas características que nos obligan a

---

<sup>1</sup> Cfr. MERCADO, Salvador, *Compras: Principios y aplicaciones*, p. 15.

adoptar un sistema que resuelva plenamente sus necesidades y que según nuestro criterio no alcanzan a ser cubiertas en un cien por ciento por los métodos tradicionales.

La empresa en cuestión es una comercializadora de abarrotes que cuenta con un mercado altamente variable y casi impredecible en su demanda. Esta alta variación nos hace adoptar un sistema de reabastecimiento de mercancía de alta sensibilidad que responda casi inmediatamente a las variaciones del mercado. Este sistema cae dentro del rango de los sistemas probabilísticos y fue diseñado para satisfacer en un cien por ciento las necesidades de la empresa.

## **1. ANTECEDENTES**

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1. Acerca de la empresa**

La empresa en cuestión es una distribuidora y comercializadora al mayoreo y medio mayoreo de productos de consumo generalizado fundada hace 63 años por un grupo de cinco hermanos. Esta empresa inició sus operaciones en el mercado de La Merced siendo su principal actividad la comercialización de chiles secos y semillas a granel.

En la década de los sesenta, crecen los negocios y se fincan las bases para la expansión de la compañía. En los años setenta continúa el crecimiento mediante la inauguración de nuevos centros de distribución. En los ochenta se llevó a cabo una intensa reestructuración corporativa y funcional de la empresa, conformándose lo que es actualmente, con ingresos anuales de casi 10 mil millones de pesos a través de 35 centros de distribución en toda la república.

### **1.2. Delimitación del problema**

El rápido crecimiento de la empresa ocasionó que no todas las áreas se modernizaran al mismo ritmo. Una de esas áreas es la de compras, en la cual las operaciones de compra se realizan de manera subjetiva a través de las personas que llevan a cabo dichas operaciones aplicando criterios que en ocasiones tienen un impacto modesto y de corto plazo en las utilidades y descuidando aspectos que representarían mayores ganancias. Se da por ejemplo mayor peso a descuentos comerciales por volumen que a mantener un inventario en niveles financieramente sanos. Esta situación ha generado inventarios que en algunos casos ha llegado a representar más de cincuenta días de venta, lo cual en el medio es bastante elevado.

Otra área de oportunidad se observa cuando al efectuar las compras de forma manual se dejan de reabastecer ciertos artículos por descuido, falta de visión o por no tener clara la forma en la que se ha venido desplazando dicho artículo, cayendo de esta manera en faltantes importantes que en algunos periodos determinados ha llegado a ser de hasta del 35 %.

### **1.3. Acerca del control de los inventarios y su importancia.**

“El control y mantenimiento de los inventarios es probablemente una de las más comunes de las actividades de una economía, pues su acción se extiende no solamente al sector industrial y comercial sino también al ámbito de la agricultura y la milicia, así como al campo de la subsistencia familiar”.<sup>1</sup>

El problema de los inventarios es tan viejo como la historia misma; sin embargo fue hasta principios del Siglo XX cuando se empezaron a hacer esfuerzos por dar una solución analítica. Las técnicas evolucionaron ante la imperiosa necesidad de satisfacer las demandas de una creciente industria que se desarrollaba a pasos agigantados.

Fue así cuando en 1915 Ford Harris de la corporación Westinghouse creó la fórmula más elemental en el estudio del control de los inventarios, conocida como la *fórmula simple del lote económico de compra* (EOQ). Pero fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando emergieron las ciencias de la administración y la investigación de operaciones<sup>2</sup>. A partir de entonces y hasta nuestros días han surgido algunos sistemas que en general se dividen en determinísticos, creando modelos económicos ideales o constantes, y los sistemas probabilísticos que giran en torno a modelos económicos poco predecibles.

Como ya mencionamos anteriormente, el control de los inventarios adquiere primordial importancia hoy día en las empresas como medio de renovación de inversión de

---

<sup>1</sup> Cfr. HADLEY G., *Analysis of inventory systems*, p. 1.

<sup>2</sup> *Ibid.*, pp. 2, 3.

capital. Los inventarios pueden llevar y de hecho han llevado a varias empresas a cerrar sus puertas ante la imposibilidad de convertir todo el material y mercancía adquiridos en exceso, en recursos circulantes, lo que provoca una falta de liquidez que en muchos casos es mortal para la compañía.

De aquí la importancia del control de los inventarios y de saber comprar de una manera sistemática y eficiente con el fin de lograr un abastecimiento acorde a las necesidades de las empresas y que no provoque al mediano o largo plazo un inventario muerto que nos lleve a la quiebra.

Dada la situación ya mencionada de la empresa analizada, es imperioso diseñar un sistema de control de inventarios probabilístico que nos resuelva de raíz el problema del exceso de inventario. Y es aquí donde el departamento o función de compras debe sufrir un cambio radical en su operación como columna vertebral del control de los inventarios que en estos momentos es uno de los activos más cuantiosos de la empresa.

Cabe mencionar que el sistema que se pretende implantar tiene el fin de resolver el problema en su origen para contar con una situación futura favorable y debe ser paralelo a otras medidas que nos ayuden a resolver el problema sintomático actual de exceso de inventario. En otras palabras el sistema nos ayudará a comprar sanamente evitando que siga creciendo el inventario, pero hay que deshacerse del inventario actual de poca rotación y convertirlo en recursos líquidos de alguna forma (promociones, venta a empleados, devoluciones a proveedores etc.).

## **2. SISTEMA ACTUAL**

## 2. SISTEMA ACTUAL.

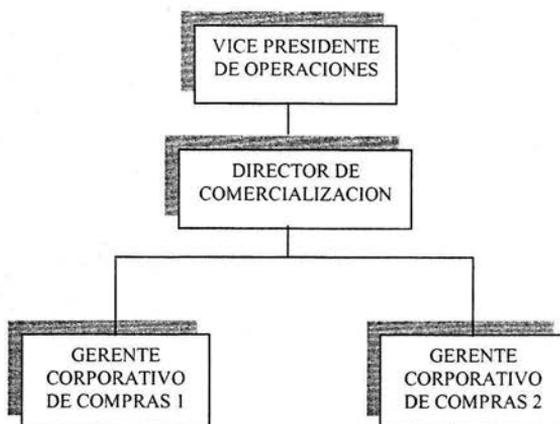
### 2.1. Definición del sistema.

Como ya hemos dicho, el problema que tratamos de resolver se originó por la falta de un método sistemático que nos respondiera a las tres preguntas básicas del control de los inventarios: ¿qué, cuánto y cuándo comprar?. Esto a su vez deriva en una falta de controles, indicadores, políticas y manuales. Para entender un poco cómo se delimita estructuralmente nuestra área de estudio observemos la figura 2.1.

---

**Figura 2.1.** Estructura actual corporativa del área de operaciones

---

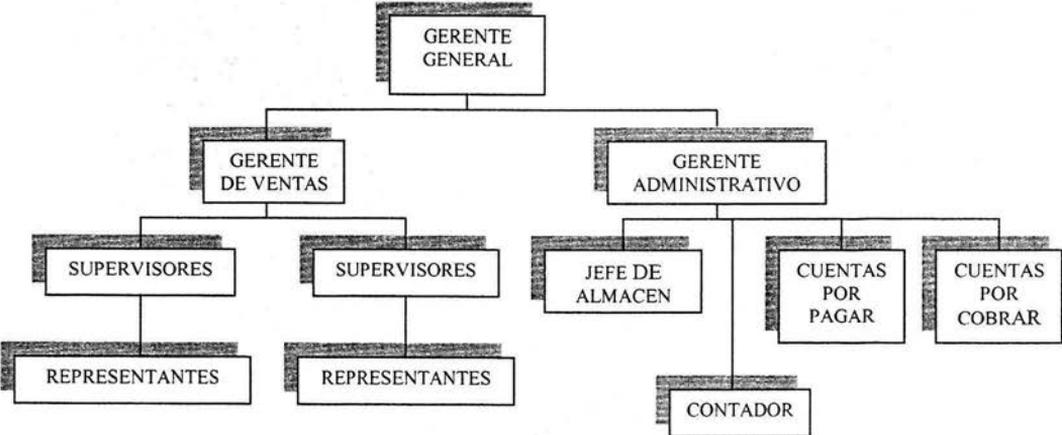


---

Existen básicamente dos procesos mediante los cuales las sucursales pueden hacerse de inventario: uno es el levantamiento de órdenes centralizadas a través de gerentes

corporativos de compras en los cuales reside la función de realizar negociaciones con proveedores a nivel global. Este tipo de negocios se llevan a cabo cuando existen descuentos por cubrir determinado volumen de compra o cuando es necesario dotar a los CEDIS (centros de distribución) de inventario inicial de algún artículo recién catalogado. Otro es el levantamiento de órdenes de compra independientes en cada uno de los centros de distribución. Esta función radica en el gerente del CEDIS quien con la ayuda de un reporte de existencias y en presencia de un representante de ventas del proveedor en cuestión, calcula de acuerdo a su criterio los requerimientos de cada uno de los artículos catalogados para dicho proveedor mismos que harán manifiestos en la orden de compra. La visita del representante es aprovechada para efectuar negociaciones de carácter local , ratificar y/o revisar negociaciones de carácter corporativo y revisar aspectos relacionados con la cartera de pagos (ver anexol).

**Figura 2.2.** Estructura actual del CEDIS



Cabe mencionar que las operaciones de compra con los principales proveedores están regidas por bonificaciones trimestrales, semestrales o anuales basadas en cuotas que no están calculadas de acuerdo a las ventas reales de la organización sino a la estadística de compras. Esto es a todas luces nocivo para el CEDIS ya que el gerente en su afán por cubrir dichas cuotas y aplicar recursos de corto plazo a sus utilidades o al precio de los artículos, cae en la práctica de sobre inventariar los almacenes en los periodos de corte.

Por otro lado; al contar con casi doscientos proveedores, el levantamiento de órdenes se vuelve una tarea prioritaria para el Gerente del CEDIS al que le ocupa un 80% del tiempo y la cual al realizarse de una manera subjetiva no es todo lo productiva que pudiera ser.

Para un mejor entendimiento de la situación, mostramos la estructura actual de un Centro de Distribución en la figura 2.2.

## **2.2 Crítica al sistema.**

Posiblemente hace algunos años, cuando esta compañía no alcanzaba los niveles de operación que tiene actualmente, este sistema hubiera resultado el adecuado, y hubiese sido más que suficiente dejar las compras a criterio y como función del gerente del CEDIS. Pero hoy día se requieren sistemas ágiles y eficientes que respondan con prontitud a las necesidades del mercado.

Por ser el punto más fácil de atacar y en el cual se aprecia en primera instancia la mayor área de oportunidad nos abocaremos a analizar la operación de compras en los Centros de Distribución. De aquí se desprenden los siguientes puntos relevantes.

Primero: El hecho de que el gerente tenga que supervisar y en algunos casos atender todos los asuntos relacionados con la operación (ventas, almacén, asuntos laborales,

distribución, administración), le impide enfocar a las compras con toda la atención que amerita sin descuidar lo anteriormente mencionado. En una empresa que ha crecido tanto como ésta, y cuya principal actividad consiste en la compra-venta de bienes, es necesario contar con una persona 100% dedicada, comprometida con la empresa, que cuente con los recursos técnicos, la experiencia y los conocimientos necesarios para manejar un departamento de esta índole en el que constantemente se fuga capital, además de contar con una conducta intachable propia del cargo. Cabe señalar que esta persona debe contar con el carácter y la capacidad negociadora necesarias para poder tratar con los proveedores en términos enérgicos cuando así se requiera y con el suficiente sentido común para comprender y llevar a cabo las labores propias de su puesto.

Segundo: Toda buena empresa que se digne de serlo, debe contar ante todo no sólo con su filosofía, misión, valores y estrategia, sino con las políticas propias de cada departamento así como con los manuales de procedimientos que nos dicten los lineamientos bajo los cuales han de regirse todas las actividades que se lleven a cabo. En este caso no existe nada de esto. Creemos que es de imperiosa necesidad contar con un documento escrito que nos marque los parámetros de conducta en lo que a compras respecta. A este documento usualmente se le da el nombre de Manual de Compras, que debe estar integrado no sólo por los procedimientos propios del departamento de compras, sino también por las políticas que rigen sus actividades, así como por un apartado dedicado a señalar las obligaciones y restricciones en cuanto a ética se refiere. En esta tesis incluiremos un pequeño apartado que contenga aspectos relevantes de la ética profesional en los ejecutivos de compras así como un espacio dedicado a marcar los lineamientos generales para elaborar las políticas de este departamento. Esta información debe estar por escrito, para facilitar la inducción del personal involucrado, ya sea al momento de instalar el nuevo sistema, o al relevar a cualquier miembro del departamento.

Tercero: Fijándonos propiamente en lo que es el proceso podemos mencionar varios aspectos negativos:

a) No hay un método sistemático de control de inventarios, sino que todo se basa en la intuición o el criterio de una persona. El gerente no cuenta ni siquiera con un indicador de punto de reorden o recompra que le indique cuándo comprar sino que de acuerdo a su criterio y “conocimiento del mercado” ordena la mercancía que “ya se está acabando” sin determinar analíticamente la cantidad a pedir, comprando “más o menos” lo que hace falta; o en muchas ocasiones buscando cubrir las cuotas establecidas por los proveedores.

b) Un procedimiento para efectuar órdenes de compra es recurrir a una lista de faltantes que se ha generado a lo largo de un periodo determinado y la cual le indica al gerente los artículos que ya cayeron en agotamientos. El promedio de faltantes en todos los centros de distribución oscila alrededor del 10% y ha llegado en ocasiones hasta un 30%.

Este es tan sólo un pequeño panorama de la situación que reina actualmente en los centros de distribución en relación al reabastecimiento.

Independientemente del sistema que a continuación vamos a presentar para mejorar en un campo tan importante como son las compras, actualmente se están haciendo algunos esfuerzos con algunos proveedores para manejar inventarios más sanos, pero estos esfuerzos están muy lejos de dar una solución que influya significativamente en los resultados globales de la empresa.

El sistema de control de inventarios que nosotros proponemos es el que se ajusta a las necesidades de la empresa y no debe verse afectado por las herramientas computacionales de las que se auxilie, ya que puede ser programado en la plataforma que actualmente se maneja – un desarrollo propio para AS400- o habilitado en la plataforma que se pretende implementar en todos los Centros de distribución para el próximo año (SAP/R3)

### **3. SISTEMA PROPUESTO**

### 3. SISTEMA PROPUESTO

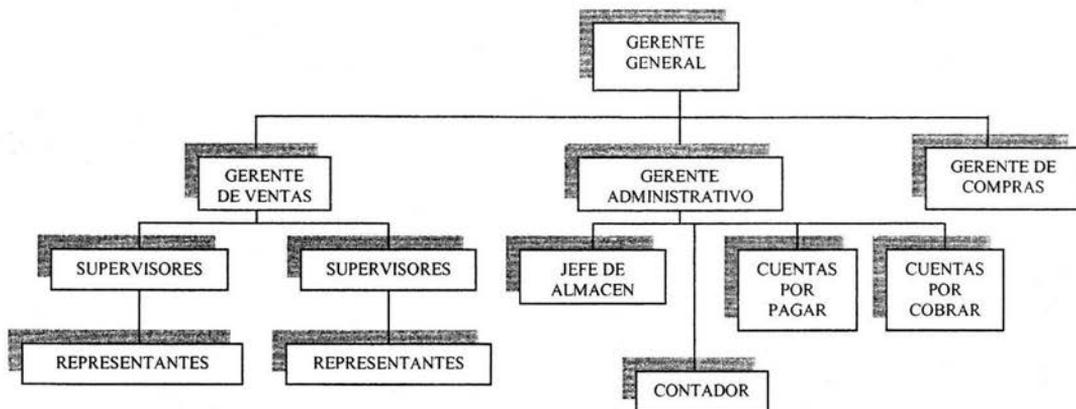
#### 3.1. Aspectos generales

Todo método sistemático que se implante en cualquier empresa, debe contar no sólo con un buen diseño que se ajuste a las necesidades de la compañía y de los clientes internos y externos, también debe contar con la participación de personal competente y con los sistemas de apoyo requeridos para su adecuada instalación y funcionamiento.

Respecto a los sistemas de apoyo, proponemos la discusión y definición de la misión, visión, valores y estrategias a nivel departamental.

Dentro de los sistemas de apoyo, el sistema que describiremos, deberá contar con la debida documentación del proceso, es decir, manual de políticas y procedimientos, así como la misión y estrategias locales, acordes con las generales.

**Figura 3.1.** Estructura propuesta



En lo referente al personal, sugerimos la reestructuración de los centros de distribución, disponiendo adecuadamente las responsabilidades como se muestra en la figura 3.1.

Siendo el área de compras un área de gran peso económico, creemos conveniente contar con una gerencia que se responsabilice de planear, ejecutar, supervisar y controlar todos los aspectos relacionados con el departamento, para lo cual se requerirá de una persona que reúna las características demandadas para este cargo y las cuales ya se mencionaron en el capítulo anterior.

## **3.2. Introducción al sistema.**

### **3.2.1. Conceptos.**

A lo largo de la descripción del sistema, se manejarán ciertos términos y variables que creemos oportuno aclarar para la mejor comprensión del mismo. La mayoría de estos términos son comunes a todos los sistemas de control de inventarios:

a) *Demanda*: También denominada consumo o uso, es el factor más importante en el control de los inventarios. La principal finalidad de un análisis de los inventarios, consiste en prever lo que se ha de consumir en un tiempo futuro, con objeto de mantener existencias suficientes para las necesidades de ventas y no excederse en la inversión y en los costos de almacenamiento.

La demanda se considera como lo que ha de consumirse como mercancía para ventas (en este caso), en cierto periodo que puede ser anual, semestral, mensual, semanal o diario. Se expresa en términos de cantidad de unidades que disminuyen las existencias, que son compradas, embarcadas o que registran cualquier movimiento en el lapso considerado.

Las predicciones de demanda se basan por lo general en pronósticos de ventas y en datos estadísticos de consumo, durante algún periodo específico. Los datos de consumo son tomados de los registros de venta de mercancía.<sup>1</sup>

Hablando del pronóstico de ventas, es prudente señalar que en algunos casos habrá que aplicar el criterio para ponderar factores externos como son: promociones, exhibición en mostradores, descuentos, retiro del artículo en catálogo, aumento de precios, etc. Dicha ponderación nos afectará en mayor o menor medida el resultado de nuestro pronóstico. Esto último requiere de una estrecha comunicación del área de compras local y corporativa con el área comercial.

Para el caso que estamos estudiando, consideramos que la unidad de demanda más adecuada es el número de artículos por día. Un lapso mayor sería demasiado considerando la alta sensibilidad que buscamos en este sistema.

**b) Existencia:** Antes de dar una definición precisa, es necesario aclarar que al tratarse de una empresa que distribuye, existe un lapso entre el levantamiento del pedido por parte del vendedor y la carga de la mercancía en el vehículo correspondiente con la consecuente facturación y descarga del inventario. En ese lapso la mercancía solicitada permanece en el sistema como mercancía apartada para pedidos.

Entonces, al decir existencia, nos referimos a la cantidad física de unidades de cierto artículo menos la cantidad apartada en unidades del mismo. Dicha existencia es la base para la toma de decisiones en el área de compras. Para efectos prácticos, consideraremos que las unidades apartadas ya “salieron” del inventario. En adelante a las unidades les llamaremos cajas.

---

<sup>1</sup> Cfr. GARCÍA CANTÚ Alfonso, *Planeación y Control de Inventarios*, p.47.

**c). *Tiempo de entrega del proveedor:*** Es el número de días (en nuestro caso) que tarda una orden de compra en llegar a la bodega después de haber sido colocada con el proveedor.<sup>2</sup> Esta variable nos ayudará a determinar el momento preciso de pedir. Estos tiempos de entrega deberán estar sujetos a negociación según convenga a la empresa, es decir se debe buscar reducir el tiempo de entrega si la mercancía es de alta rotación y verificar que dicho tiempo se cumpla en cada entrega de ese artículo y postergar o dosificar la compra y entrega si dicha mercancía no se va a consumir de inmediato.

**d). *Orden de compra:*** Se le llama así al documento con el cual se le solicita mercancía a los proveedores, y puede estar compuesta por una o varias partidas.

**e) *Lote de compra:*** Es el conjunto de cajas previamente determinadas que integran la cantidad pedida en cada una de las partidas de una orden de compra.

**f) *Inventario de seguridad:*** Es el número de cajas que se mantienen en existencia como una previsión de seguridad, o para casos en que las cantidades calculadas para el consumo lleguen a agotarse.

Este inventario se establecerá por política después de un periodo y su cálculo se detalla en el capítulo 4.

El cálculo del inventario de seguridad es muy importante ya que las cantidades de reserva pueden resultar excesivas y aumentar la inversión en los inventarios; asimismo, también pueden ser insuficientes y aumentar el costo de oportunidad. Por lo tanto se requerirá de una constante vigilancia de la frecuencia con la que se cae en la utilización de inventarios de seguridad para hacer los ajustes necesarios.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> *Ibid.*

<sup>3</sup> *Ibid.*, p.48.

**g) Lote de seguridad:** A pesar de que se establezca un inventario de seguridad, constantemente se presentarán variaciones en la demanda por lo que será necesario hacer ajustes a los lotes de compra cada vez que se levante una orden. A este ajuste lo hemos llamado lote de seguridad para distinguirlo del inventario de seguridad. La diferencia y cálculo de estos conceptos se explican en el capítulo siguiente.

**h) Días de inventario:** Es la cantidad de artículos que tenemos en bodega expresado en términos de cuántas veces representa dicho inventario un día promedio de venta. Es decir si en bodega tenemos 100 cajas de determinado artículo y diario se venden 5 cajas en promedio, diremos que tenemos 20 días de inventario.

Para iniciar nuestra propuesta, mencionaremos que uno de los tipos de sistemas más empleados por las empresas para sustentar su control de inventarios, es el llamado sistema ABC, el cual detallaremos a continuación.

### **3.2.2. ¿Que es un sistema ABC?**

Es un sistema de abastecimiento de inventarios que tiene como finalidad reducir el tiempo, el esfuerzo, y el costo en el control de los mismos.

Es raro encontrar empresas comercializadoras con un solo tipo de artículo; muy al contrario, almacenan una gran cantidad de mercancía y llenan muchas veces miles de renglones en sus inventarios.

La mayoría de esas empresas han encontrado incosteable el llevar un mismo control estricto de todos sus productos. El costoso tiempo y esfuerzo que implica el controlar las existencias y establecer logísticamente las políticas de reabastecimiento lo dedican dichas

compañías únicamente a una pequeña porción del total de renglones del inventario, que engloban la mayor parte del valor total en dinero que suma el inventario.

En cambio, les resulta incosteable llevar a cabo el mismo control con elementos del inventario que suman poca inversión y constituyen la mayoría de los artículos inventariados. Cualquier empresa, chica, mediana o grande, puede encontrar en este sistema los beneficios de una mayor rotación de sus inventarios, de un incremento en sus ventas y de una simplificación de sus sistemas, tendiente a reducir los costos de control.

No es nada inusitado encontrar en un inventario de materiales que un 10 ó un 15% del total de sus renglones de artículos representen más del 70% de la suma total de su columna de valores; y que, en el mismo inventario el 90 ó el 85% de esos renglones representan el 10 ó el 15% del valor total invertido.<sup>4</sup>

### **3.2.2.1. La filosofía del sistema**

Retomando lo anterior, la filosofía fundamental del sistema ABC sencillamente dice: “Muchas veces cuesta más el control que lo que vale lo controlado”<sup>5</sup> y esto se refleja no solamente en el tiempo y en el dinero que se invierte en dichos controles, sino también en el costo de oportunidad que se genera a raíz de concentrar erróneamente nuestros esfuerzos.

### **3.2.2.2. Del criterio de orden**

El principio funcional del sistema nos dice que todas las partidas de un inventario deben clasificarse de acuerdo a la contribución marginal y ordenándolas de mayor a menor.

---

<sup>4</sup> *Ibid.*, p.28.

<sup>5</sup> *Ibid.*, p.29.

En este sentido la aplicación del criterio para dicho orden, en muchas ocasiones se mal interpreta y se aplica erróneamente, lo cual provoca que no se pueda sacar todo el provecho posible a este sistema.

Para ilustrar lo anterior mostraremos a continuación tres ejemplos de inventarios muestra con distinto criterio de orden y en los que se podrá observar la enorme variación que existe entre uno y otro.

El primero se ilustra en la Tabla 3.1 y toma como criterio de orden el costo unitario de cada una de las partidas. Este criterio tiene el inconveniente de que no nos da una indicación clara de qué tan importantes son los artículos; únicamente no indica cuánto costaron. Sin embargo, el contar con este registro nos será útil para nuestro propósito, tal y como veremos más adelante.

---

**Tabla 3.1.** Artículos ordenados por costo unitario

---

Artículo	Costo Unitario [\$]
Hoja Permasharp 100/50	4,560.00
Prestobarba Max 10/48	4,221.00
Colgate MFPII 72/50	1,600.00
Leche NAN 2 24/450	872.00
Pantene Normal 10 mls.	578.00
Kool Aid Surtido	385.00
Pert Plus Graso 24/200	250.00
Suavitel Primeveral 12/1	185.00
Higiénico Delsey	156.00
Vinagre Bco. La Costeña	110.00

---

El segundo ejemplo se ilustra en la tabla 3.2 y toma como criterio de orden el volumen de venta en el último periodo (en nuestro caso, de un día) utilizando los mismos artículos del ejemplo anterior.

**Tabla 3.2.** Artículos ordenados por volumen de venta

---

Higiénico Delsey	12
Suavitel Primavera 12/1	8
Pert Plus Graso 24/200	7
Pantene Normal 10 mls.	6
Prestobarba Max 10/48	5
Colgate MFP II 72/50	2
Vinagre Bco. La Costeña	2
Leche NAN 2 24/450	1
Hoja Permasharp 100/50	0
Kool Aid Surtido	0

---

Como podemos observar, el orden varió considerablemente en cada uno de los ejemplos anteriores. Ahora observemos la tabla 3.3.

**Tabla 3.3.** Artículos ordenados por contribución marginal

---

Artículo	Costo unitario [\$]	Precio de venta [\$]	Contribución marginal unitaria [\$]	Volumen de venta [unidades]	Contribución marginal del periodo [\$]
Prestobarba Max 10/48	4,221.00	4,645.00	424.00	5	2,120.00
Colgate MFP II 72/50	1,600.00	1,750.00	150.00	2	300.00
Pantene Normal 10 mls.	578.00	621.00	43.00	6	258.00
Pert Plus Graso 24/200	250.00	278.00	28.00	7	196.00
Higiénico Delsey	156.00	172.00	16.00	12	192.00
Suavitel Primavera 12/1	185.00	201.00	16.00	8	128.00
Leche NAN 2 24/450	872.00	943.00	71.00	1	71.00
Vinagre Bco. La Costeña	110.00	115.00	5.00	2	10.00
Hoja Permasharp 100/50	4,560.00	5,012.00	452.00	0	0.00
Kool Aid Surtido	385.00	422.00	37.00	0	0.00

---

En este tercer ejemplo utilizaremos como criterio lo siguiente: al precio de venta le restaremos el costo unitario, obteniendo así la contribución marginal unitaria de cada partida, la cual a su vez, nos arrojará la contribución marginal del periodo al multiplicarla por el volumen en venta de cada partida.

El criterio utilizado en este tercer ejemplo es el que debe utilizarse en todo sistema ABC, pues partiendo de la base de que el fin de todo negocio es ganar dinero, en el presente y en el futuro, esta fórmula nos ofrece un indicador claro de qué tanto contribuye cada uno de los artículos a la consecución de este fin.

El costo de los productos o su precio de venta no nos dicen por sí cuanto dinero estamos ganando en cada partida, pero combinando estos factores con el volumen de venta, obtendremos la llamada contribución marginal del periodo que debe ser el criterio imperante de orden para todo sistema ABC (por los menos en nuestro caso).

Con la finalidad de mantener actualizada la clasificación de nuestro catálogo, creemos conveniente que este ejercicio se lleve a cabo cada cierre de mes.

### **3.2.2.3. De la clasificación**

Ya tenemos ordenado nuestro inventario; y esto, ¿de qué nos sirve en nuestro sistema de control de inventarios?

Como dijimos anteriormente “muchas veces cuesta más el control que lo que vale lo controlado”, entonces es obvio que no debemos destinar recursos excesivos en controlar artículos que nos generan poca utilidad, o en algunos casos hasta pérdida; por el contrario debemos concentrar nuestros esfuerzos en aquellos productos que más dinero nos reportan.

Es decir, habrá que hacer una revisión más frecuente de los niveles de inventario de los artículos con mayor contribución marginal para determinar su lote de compra si es necesario, y evitar tanto falta de mercancía como exceso de la misma, eludiendo así elevados costos de oportunidad y almacenamiento.

Pero, ¿qué tan frecuente debe ser la revisión de los niveles de inventario tanto de los artículos que más contribuyen a la utilidad como de los artículos que menos lo hacen?

De acuerdo al volumen de productos que se manejan y a la demanda del mercado, creemos conveniente revisar diariamente los artículos más importantes (artículos A), semanalmente los moderadamente importantes (artículos B), y quincenalmente los menos importantes (artículos C).

Revisar los artículos prioritarios semanal o quincenalmente, resultaría un tanto peligroso, pues la demanda es en extremo volátil y puede variar mucho de un día a otro, corriendo el riesgo de no ajustar a tiempo nuestros pronósticos de venta y vernos metidos en un problema de falta o exceso de inventario (como actualmente sucede).

Y, ¿cuántos artículos revisar diario, cuántos semanalmente y cuántos quincenalmente? Esta pregunta podemos contestarla remitiéndonos al “Principio de Pareto” inicialmente estudiado por Henry Ford que nos dice que el 80% de los problemas representan el 20% de las soluciones. Trasladando este principio a nuestro problema de control de inventarios podemos decir que el 20% de los artículos representan el 80% de la contribución marginal total.

Entonces, procederemos a clasificar nuestro listado de inventarios -como ya mencionamos- en tres bloques (A, B, C). Pero el criterio que seguiremos para dicha clasificación será el porcentaje que aporta cada partida o artículo a la contribución marginal total.

Tradicionalmente, los artículos A se ubican en el rango del 0 al 65% de contribución marginal acumulada, los artículos B dentro del 65% y el 85% y los artículos C entre el 85% y el 100%.

Utilizando el mismo ejemplo que se ilustra en la tabla 3.3, podemos agregar una columna de contribución marginal acumulada y otra de clasificación en la que etiquetaremos virtualmente a cada artículo como A, B o C de acuerdo a este criterio. El nuevo escenario se ilustra en la tabla 3.4.

A esta última tabla es a la que le llamamos “clasificación ABC” o “ABC de ventas” y será la herramienta fundamental para establecer nuestro sistema de control de inventarios.

**Tabla 3.4.** Clasificación de artículos

Artículo	Contribución marginal del periodo [\$]	Porcentaje de contribución	Acumulado	Clasificación
Prestobarba Max 10/48	2,120.00	64.73%	64.73%	A
Colgate MFP II 72/50	300.00	9.16%	73.89%	B
Pantene Normal 10 mls.	258.00	7.88%	81.77%	B
Pert Plus Graso 24/200	196.00	5.98%	87.76%	C
Higiénico Delsey	192.00	5.86%	93.62%	C
Suavitel Primavera 12/1	128.00	3.91%	97.53%	C
Leche NAN 2 24/450	71.00	2.17%	99.69%	C
Vinagre Bco. La Costeña	10.00	0.31%	100.00%	C
Hoja Permasharp 100/50	0.00	0.00%	100.00%	C
Kool Aid Surtido	0.00	0.00%	100.00%	C

### 3.2.3 Descripción detallada del sistema

En este apartado describiremos paso por paso el proceso de compras y control de inventarios que proponemos. Para efectos del mayor entendimiento del mismo, nos remitiremos al anexo 2 donde se encuentra esquematizado el diagrama de flujo de dicho proceso.

*Operación 1:* Generación del ABC de ventas:

Ya en el apartado 3.2.2 vimos detalladamente el proceso para generar el ABC de ventas, el cual, como ya mencionamos, es la principal herramienta de este sistema. Este reporte debe ser generado por el departamento de sistemas de cada sucursal.

Para determinar la clasificación ABC, sólo es necesario considerar el total de ventas del último mes. Este ABC de ventas, por consiguiente, deberá generarse mensualmente.

Para efectos de ejemplificación, usaremos a lo largo de la descripción de este sistema tres de los artículos mencionados en el listado ABC de la tabla 3.4.

Para observar el comportamiento teórico de las existencias de dichos productos en condiciones distintas de demanda, tomaremos uno de cada una de las clasificaciones (A, B y C).

Al ser el proceso idéntico en cada uno de los tres casos y variando solamente la periodicidad del mismo, haremos caso omiso de la clasificación, y todas las operaciones del proceso las efectuaremos simultáneamente en los tres productos a lo largo del ejemplo; es decir, consideraremos que los tres artículos son artículos tipo "A" y que, por lo tanto, la base de tiempo para los cálculos será diaria. Esto es con el único fin de simplificar el ejemplo. Los tres productos a considerar serán:

-Prestobarba Max 10/48

-Colgate MFP II 72/50

-Suavitel Primavera 12/1

*Operación 2:* Revisión del ABC de ventas según el tipo de artículo:

Esta operación consiste en verificar los niveles de inventario de cierto artículo para determinar si hace falta comprar más o no o incluso detener o cancelar órdenes de compra ya colocadas.

Al generarse mensualmente el ABC de ventas, estamos diciendo que todos los artículos del catálogo pasan por esta revisión por lo menos dos veces en este lapso.

Los artículos A serán revisados diariamente. Así mismo todos los artículos con clasificación B deberán ser sujetos de revisión cada semana junto con todos los artículos A correspondientes a ese día.

Y por último todos los artículos con clasificación C se revisarán quincenalmente junto con todos los artículos B correspondientes a esa semana y todos los artículos A correspondientes a ese día. Como ya mencionamos consideraremos para efectos de ejemplificación, que los tres artículos considerados son tipo A. Al final del mes, se efectuará una reclasificación y se repetirá el ciclo.

*Operación 3:* De acuerdo a la demanda histórica, se determina el pronóstico de venta para cada artículo:

Los pronósticos, son uno de los temas cruciales dentro de cualquier modelo de planeación, y existen varios métodos universalmente aceptados tales como el método Delphi, el de los promedios móviles, el de suavizamiento exponencial con tendencia y/o índice

estacional, el Box Jenkins y el método de regresión.<sup>6</sup> Todos estos modelos pueden verse más a detalle en cualquier libro que toque el tema de pronósticos.

Sin embargo, no hay un método considerado como el más adecuado; esto dependerá en cierto grado del número de datos históricos con los que se cuente, el plazo al que se quiere la proyección, el tipo y variabilidad de los datos, costos, etc.

Considerando que el número de datos históricos con los que se cuenta no es muy grande, que los valores de demanda son relativamente pequeños, que existe una gran variabilidad en los mismos y con base en pruebas de aproximación efectuadas, hemos decidido adoptar una combinación del método de regresión lineal y del método de los promedios móviles. Sin embargo, en un futuro podrán hacerse pruebas de ajuste para determinar si este método sigue siendo adecuado o hay que sustituirlo por algún otro. De momento no hay medios muy objetivos para determinarlo.

La regresión lineal, consiste en establecer, con base en el algoritmo de mínimos cuadrados, la ecuación de una recta del tipo  $y=a+xb$ <sup>7</sup> que represente el comportamiento de la demanda en un periodo dado, minimizando el error con respecto a los valores reales y extrapolando el valor que queremos pronosticar asignando el valor siguiente en la serie de tiempo a la variable independiente de la ecuación.

El método de los promedios móviles, consiste en determinar el promedio de la demanda, pero no de toda la serie, sino de los últimos  $n$  valores registrados. Dicho promedio constituye el pronóstico. El valor mínimo de  $n$  es dos y algunos autores consideran que el valor óptimo se encuentra en el rango de tres a seis. Usando este método, el pronóstico estará dado por:

---

<sup>6</sup> Cfr. HILLER Frederick S. y LIEBERMAN Gerald J., *Introducción a la investigación de operaciones*, pp. 693-710.

<sup>7</sup> Cfr. CHAO, Lincoln L., *Statistics for management*, pp. 476, 479.

$$Dp = \frac{\sum_{i=t-n+1}^t D_i}{n}$$

Donde:

$Dp$  = Demanda proyectada.

$D_i$  = Demanda en el periodo  $i$ .

$t$  = Ultimo periodo observado.

$n$  = Número de periodos considerados.

Este método tiene la desventaja de que le da el mismo peso a la demanda del periodo  $t-n+1$  y a la del periodo  $t$ . Sin embargo, combinándolo con el método de regresión lineal, podemos estimar un valor de demanda encontrando una regresión de la demanda de los últimos  $n$  periodos. Como ya mencionamos, se considera que el valor óptimo se encuentra entre tres y seis, por lo mismo usaremos inicialmente las últimas cinco observaciones para efectuar la estimación, la cual se hallará como sigue:

$$Dp = a + b(t + 1)$$

En esta ecuación,  $a$  y  $b$  se hallan con las fórmulas normalmente empleadas para la regresión lineal, aplicadas a los últimos cinco periodos:

$$a = \frac{5(\sum_{i=t-4}^t D_i \cdot i) - (\sum_{i=t-4}^t D_i)(\sum_{i=t-4}^t i)}{5(\sum_{i=t-4}^t i^2) - (\sum_{i=t-4}^t i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum_{i=t-4}^t i^2)(\sum_{i=t-4}^t D_i) - (\sum_{i=t-4}^t D_i \cdot i)(\sum_{i=t-4}^t i)}{5(\sum_{i=t-4}^t i^2) - (\sum_{i=t-4}^t i)^2}$$

En estas expresiones la variable  $i$  representa el periodo que se está considerando en la regresión. El valor de tiempo  $t-4$  es el periodo en el que iniciamos la regresión y parte de la expresión usada en la fórmula de los promedios móviles  $t-n+1$ .

Para ilustrar el comportamiento del modelo consideremos la serie de demanda de la tabla 3.5, en la que se muestran los valores reales y los valores estimados a partir del día seis. Los resultados se observan gráficamente en la figura 3.2. Cabe mencionar que en este ejemplo los valores de la serie pronosticada corresponden en cada caso al valor de demanda extrapolado un solo día para cada serie de cinco datos históricos. La serie pronosticada perderá precisión a medida que extrapolemos más valores.

**Tabla 3.5.** Demanda real y estimada

Día	Real	Estimada	Día	Real	Estimada
1	5	---	11	11	8.3
2	3	---	12	12	11.4
3	6	---	13	8	11.9
4	8	---	14	10	9.9
5	6	---	45	12	10.5
6	9	7.7	16	13	10.6
7	5	10.0	17	10	12.8
8	9	6.5	18	9	12.7
9	10	7.7	19	9	9.6
10	7	10.2	20	12	7.6
			21	---	9.7

Como podemos ver el pronóstico responde a la variación de la demanda en el día previo, sin embargo esta reacción no es de la misma magnitud, lo cual resulta lógico, pues hay que recordar que el pronóstico en un día dado pondera la tendencia de los cinco días anteriores, es decir, “suaviza la variación de los días precedentes”.

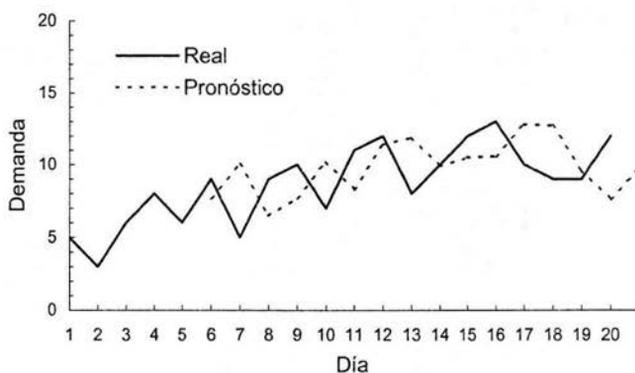
Sin embargo, para calcular el lote de compra, no es suficiente con extrapolar el valor de demanda de un periodo, será necesario extrapolar desde dos hasta  $m$  valores para poder hacer los cálculos.

Esto último se hará con la misma fórmula de regresión usada para estimar la demanda en el periodo  $t+1$ . Es decir con la fórmula de regresión del periodo  $t$ , calcularemos la demanda en los periodos  $t+1, t+2, \dots, t+m$ . El valor de  $m$  dependerá, como se verá en la operación 6, del tipo de artículo, del tiempo de entrega del proveedor y de inventario de seguridad.

---

**Figura 3.2.** Gráfica de demanda real y estimada

---



---

Por ejemplo, si necesitamos estimar el valor de la demanda para los tres artículos que mencionamos anteriormente en los dos días subsiguientes, tendremos los pronósticos que se muestran en la tabla 3.6.

---

**Tabla 3.6.** Historial de demanda por día

---

Artículo\Día	$t-4$	$t-3$	$t-2$	$t-1$	$t$	$t+1$	$t+2$
Prestobarba Max 10/48	2	5	6	9	10	12	14
Colgate MFP II 72/50	8	3	4	4	6	4	4
Suavitel Primavera 12/1	3	2	2	0	1	0	0

---

En las primeras cinco columnas se representa la demanda en unidades de cada uno de los artículos en cada uno de los días anteriores. Las últimas dos columnas representan la demanda estimada para los dos días subsecuentes. Así, por ejemplo, la Prestobarba Max 10/48, tuvo una demanda de dos unidades hace cuatro días y de diez unidades el día de hoy y se estima que se venderán doce y catorce unidades en los dos días siguientes.

*Operación 4:* Se determina existencia disponible de cada artículo:

Para efectuar esta operación, se debe recurrir al llamado catálogo maestro de artículos que tiene registrado la existencia y las cajas apartadas para pedidos al momento. El sistema debe ligar automáticamente estos datos con su respectivo registro en el catálogo ABC.

Para el ejemplo que nos compete, vamos a considerar que las existencias en el sistema son como se muestra en la tabla 3.7:

**Tabla 3.7.** Datos del catálogo

Artículo	Existencia física	Existencia apartada	Existencia disponible
Prestobarba Max 10/48	19	11	8
Colgate MFP II 72/50	12	3	9
Suavitel Primavera 12/1	1	0	1

*Operación 5:* De acuerdo al catálogo de proveedores se determina o confirma el tiempo de entrega de cada artículo:

Parte fundamental del cálculo del tamaño de lote en cualquier sistema de control de inventarios es el tiempo de entrega del proveedor, el cual debe encontrarse registrado en el respectivo catálogo de proveedores. Este tiempo de entrega debe mantenerse actualizado para que pueda ser confiable. Igualmente que en las operaciones anteriores, este dato, debe ligarse automáticamente con su correspondiente registro del ABC. Para el caso de proveedores poco confiables habrá que confirmar estos tiempos en forma constante.

Considerando nuestro ejemplo, supondremos que los tiempos de entrega de los respectivos proveedores son los que se muestran a continuación:

**Tabla 3.8.** Tiempos de entrega

Artículo	Días
Prestobarba Max 10/48	2
Colgate MFP II 72/50	3
Suavitel Primavera 12/1	3

*Operación 6:* Determinar lote de compra mediante el modelo propuesto:

Hemos llegado al punto neurálgico del control de los inventarios. Determinar cuánto hay que comprar suena muy sencillo y realmente lo es, cuando se han considerado todas las condicionantes que afectan directa o indirectamente a esta decisión.

La fórmula más conocida para determinar el lote económico de compra es:<sup>8</sup>

$$Q = \sqrt{2C_p \bar{D} / C_\mu}$$

Donde:

$Q$  = Lote económico de compra

$C_p$  = Costo de ordenar

$\bar{D}$  = Demanda promedio

$C_\mu$  = Costo de manejo

<sup>8</sup> Cfr. VOLLMAN Thomas E. y BERRY William L. , Manufacturing planning and control systems, p. 709.

Para el caso que nos ocupa, esta fórmula resulta inoperante por varios motivos:

Primero: El costo de ordenar es insignificante con respecto a los volúmenes de compra que se manejan; esto provoca que  $Q$  tienda a cero; esto implicaría obligar a nuestros proveedores a surtirnos prácticamente en lotes unitarios lo que resultaría poco práctico pues estaríamos obligando a nuestro sistema a emitir una orden de compra por cada artículo vendido.

Segundo: Esta fórmula está pensada para un comportamiento de demanda constante o promedio, y como hemos observado, éste no es nuestro caso. Además de que una demanda promedio es menos precisa que una demanda proyectada.

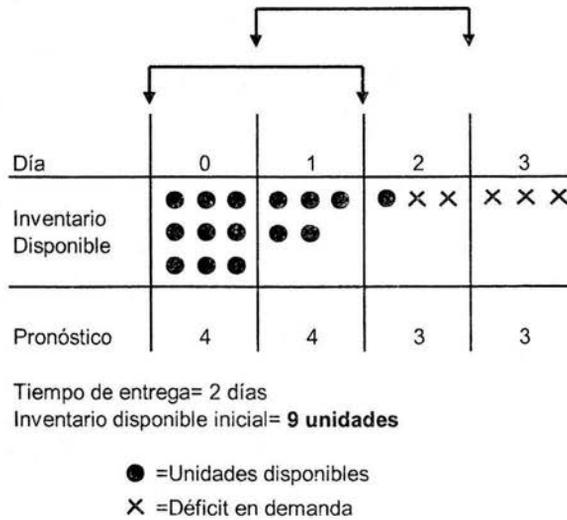
Tercero: Este modelo no considera para nada el tiempo de entrega del proveedor que se mantendrá uniforme siempre y cuando el lote de compra no viole los límites estándares de capacidad de los productores. Este sería un caso especial que debe ser sujeto de negociación.

La fórmula que planteamos a continuación, está pensada para mantener al mínimo los inventarios sin caer abajo del nivel de seguridad preestablecido. Esta fórmula considera el tiempo de entrega del proveedor, la demanda diaria proyectada, la existencia disponible y el lote de seguridad. El tiempo entre orden y orden será fijo y el tamaño de los lotes será variable.

Tomemos el ejemplo de la hoja de rasurar y representaremos esquemáticamente el comportamiento del inventario en distintas situaciones con el fin de determinar la fórmula que en primera instancia nos arroja el lote de compra.

Ejemplo1.-Con el pronóstico de demanda que se muestra y un nivel de existencias disponibles de nueve unidades tendremos lo que se muestra en la figura 3.3:

**Figura 3.3. Ejemplo 1**



Como podemos observar, en el día 2 se presentará un déficit de dos unidades, y si queremos satisfacer la demanda proyectada para ese día, tendremos que comprar ese número de unidades; al ser el tiempo de entrega de dos días, tendremos que ordenar al inicio del día cero si queremos que estas tres unidades lleguen para el inicio del día dos en la cual se presentará el déficit.

Así mismo, en el día tres, se presentará un déficit de tres unidades, y si queremos que éstas lleguen al inicio de dicha día, tendremos que pedir las al inicio del día uno.

Para ese momento (día uno), se estaría efectuando otra corrida, por lo cual no es necesario emitir una orden de compra en este momento (día cero).

En este punto sólo hay necesidad de comprar dos unidades para satisfacer el déficit que se presentará en el día dos. Es decir, nuestro lote de compra será de dos unidades.

Ejemplo 2.- Ahora supongamos que el tiempo de entrega no es de dos días, sino de uno, como se muestra en la figura 3.4.

**Figura 3.4.** Ejemplo 2

Día	0	1	2	3
Inventario Disponible	● ● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● × ×	× × ×
Pronóstico	4	4	3	3

Tiempo de entrega=1 día

Inventario disponible inicial= **9 unidades**

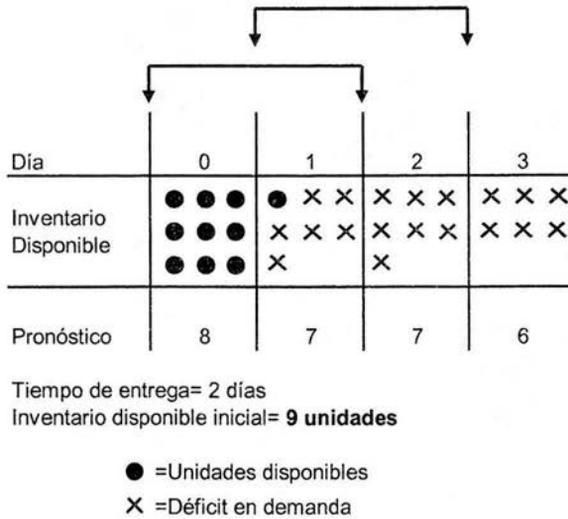
● =Unidades disponibles

× =Déficit en demanda

No habrá necesidad de generar una orden de compra, pues al ser de un día el tiempo de entrega del proveedor, nuestro inventario disponible nos alcanzará para satisfacer la demanda del día cero e inclusive la del día uno, y el déficit que se presentará en el día dos habrá que cubrirlo con una orden de compra que se genere al inicio del día uno. Es decir nuestro lote de compra será de cero unidades en este momento.

Ejemplo 3.-Ahora supongamos que lo que varía no es el tiempo de entrega, sino el pronóstico de demanda diaria (figura 3.5).

**Figura 3.5. Ejemplo 3**



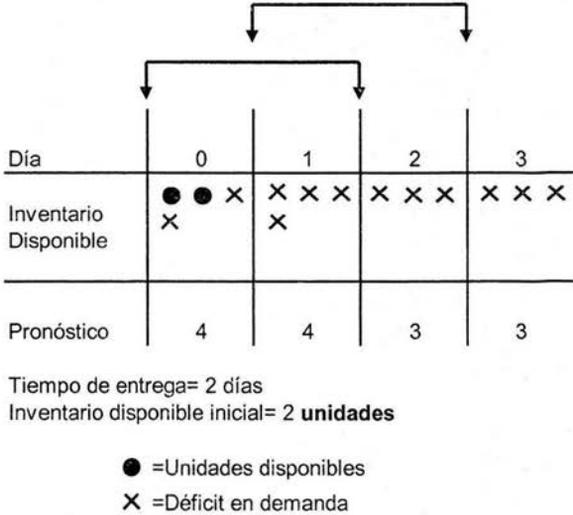
Aquí el déficit se presentará desde el día uno y como el tiempo de entrega del proveedor es de dos días, se presentará una falta real de mercancía en dicho día, por lo cual habrá que generar una orden de compra en este momento (día cero) para que la mercancía que no pudimos surtir llegue al inicio del día dos y podamos distribuirla. Por otro lado, hay que considerar que en el día dos se presentará un déficit de siete unidades, y si queremos satisfacer esta demanda es necesario contar con esta mercancía al inicio de tal día, por lo cual habrá que pedir en la orden de compra del día cero, no sólo la mercancía para los días cero y uno, sino también la que hará falta en el día dos.

Al ser de dos días el tiempo de entrega de nuestro proveedor, el déficit del día tres la cubriremos con una orden de compra al inicio del día uno; es decir, no en este momento. El

lote de compra en el día cero será de trece unidades (déficit durante el tiempo que tarda en llegar nuestro pedido, más el déficit del día transcurrida entre la llegada del primer pedido y la llegada de un hipotético segundo pedido).

Ejemplo 4.- Lo que variará en esta ocasión, será nuestro inventario inicial disponible al inicio del día cero.

**Figura 3.6.** Ejemplo 4



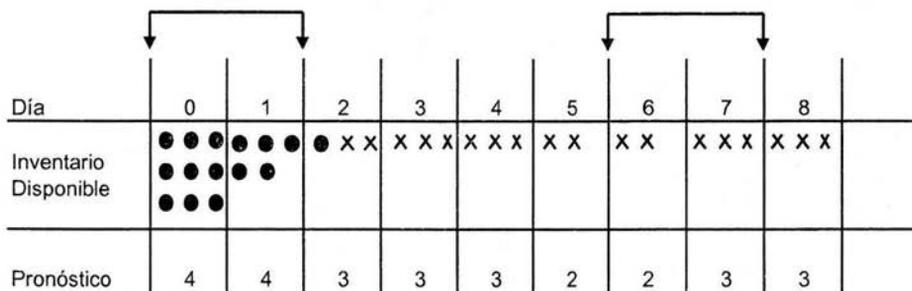
Como podemos ver será necesario generar una orden de compra no sólo por el déficit de seis unidades de los días cero y uno, sino también por el déficit de tres unidades del día dos. La falta de mercancía del día tres podrá ser cubierta con un pedido al inicio del día uno; no ahora.

Nuevamente observamos que para artículos que puedan ser pedidos cada día (artículos A), hay que considerar el inventario en el lapso de entrega del proveedor y en el día siguiente. Esto es visible en los ejemplos, pero en general podemos decir que el tiempo que hay que considerar para calcular nuestras necesidades de inventario y generar una orden de compra, está dado por :

$$\text{Tiempo de entrega del proveedor}[\text{días}] + 1$$

Ejemplo 5.- Esto es válido para artículos tipo A, pero ¿que sucederá en el caso de los artículos B y C?

**Figura 3.7.** Ejemplo 5



Tiempo de entrega= 2 días

Inventario disponible inicial= 9 unidades

● =Unidades disponibles

X =Déficit en demanda

En el ejemplo que se ilustra en la figura 3.7, consideraremos las mismas condiciones que usamos anteriormente, pero asumiremos que el artículo es del tipo B y no podrá generarse

una orden de compra hasta una semana después de haberse generado una primera (cada semana consta de seis días de venta). Como sólo se podrá generar una orden de compra cada semana (inicio del día cero e inicio del día seis), será necesario considerar el déficit que se presentará durante el tiempo de entrega de un hipotético primer pedido (días cero y uno) así como la falta de mercancía de los días dos a siete. Los requerimientos del día ocho se cubrirían con una orden de compra generada al inicio del día seis.

En este caso el tiempo a considerar en nuestros cálculos del lote de compra, está dado por lo siguiente:

$$\text{Tiempo de entrega del proveedor [días]}+6$$

Para el caso de los artículos C tendremos:

$$\text{Tiempo de entrega del proveedor [días]}+12$$

Y generalizando, la expresión que usaremos será la que sigue:

$$\text{Tiempo de entrega del proveedor} + \text{Lapso de revisión [días]}$$

o:	$Te+1$	(Artículos A)
	$Te+6$	(Artículos B)
	$Te+12$	(Artículos C)

En este lapso los requerimientos de inventario estarán dados por la diferencia que resulte de restar el inventario disponible inicial a los requerimientos totales de mercancía en  $Te+m$  días, en donde  $m$  es un factor dependiente del tipo de artículo. Entonces la fórmula preliminar para el cálculo del lote económico de compra será la que se muestra a continuación:

$$Q = \sum_{i=t+1}^{t+Te+m} Dp_i - Q_o + Q_s - I_o$$

Donde:

$Q$  = Lote económico de compra [unidades]

$Dp_i$  = Pronóstico de demanda en el día  $i$  [unidades]

$t$  = Último día de registro

$Te$  = Tiempo de entrega del proveedor [días]

$m$  = Factor ABC [días]

$Q_o$  = Unidades ordenadas previamente (*Backorder*) [unidades]

$Q_s$  = Lote de seguridad [unidades]

$I_o$  = Inventario disponible inicial [unidades]

En nuestros análisis del ABC habrá que aplicar esta fórmula en todas y cada una de las partidas del inventario que competan a ese análisis.

Esta fórmula nos dirá automáticamente que hay necesidad de levantar una orden de compra cuando el resultado resulte positivo, y nos indicará que no hay que hacerlo cuando resulte cero o negativo.

Esto puede verse fácilmente en el ejemplo dos en donde tenemos lo siguiente (por lo pronto no consideraremos los valores de  $Q_o$  y  $Q_s$ ):

$$Te=1$$

$$m=1$$

$$I_o=9$$

$$\sum_{i=0}^{T_e+m} P_i = 8$$

Aplicando la fórmula obtendremos:

$$Q = 8 - 9 = -1$$

Esto, lo único que nos indica es que no hay necesidad de levantar una orden de compra.

Se hace necesario, verificar también la existencia de órdenes de compra y el monto de sus lotes antes de emitir otra por el mismo artículo. Esto nos permitirá determinar la necesidad real de producto en un momento dado en el cual puede haber órdenes de compra ya colocadas previamente.

*Operación 7:* Elaborar, autorizar y colocar orden de compra:

Como el título lo dice, en esta operación se elabora la orden de compra por la cantidad obtenida anteriormente en la explicación de la operación seis. Y para efectos de control deberá someterse a la autorización del gerente del centro de distribución. Como una medida de simplificación, el sistema de cómputo que genere las órdenes de compra, deberá ser lo suficientemente capaz de consolidar las órdenes de compra de todos los artículos de un solo proveedor en una sola.

Finalmente dicha orden de compra deberá entregarse al proveedor a través de fax, internet o intranet al momento de autorizarse.

En el siguiente capítulo detallaremos el cálculo del lote y el inventario de seguridad así como el uso de factores de corrección.

**4. LOTE DE SEGURIDAD, INVENTARIO DE SEGURIDAD Y  
FACTORES DE CORRECCIÓN.**

#### **4. LOTE DE SEGURIDAD, INVENTARIO DE SEGURIDAD Y FACTORES DE CORRECCION.**

Cuando en control de inventarios oímos hablar del inventario de seguridad, nos referimos a una determinada cantidad de mercancía o producción que debemos mantener en reserva como previsión a variaciones en la demanda y en los tiempos de entrega.

En nuestro caso y debido a la gran variación de la demanda no es suficiente con establecer una cantidad fija de reserva para protegernos. Se hace necesario establecer una cantidad extra en cada orden de compra y que dependa directamente de esa variación. A esta cantidad le llamamos *lote de seguridad*.

El inventario de seguridad tiene un carácter estático y constante en términos de los días de inventario que deseamos mantener como mínimo en bodega; el lote de seguridad tiene un carácter dinámico y variable en el tiempo en términos de la variabilidad del número de cajas que se desplazan en el período base; responde instantáneamente a las variaciones de la demanda.

##### **4.1. Lote de seguridad.**

Asumir que la demanda que se va a experimentar va a coincidir con nuestra demanda proyectada, puede resultar bastante aventurado y poco justificado en las condiciones actuales del mercado. Las fluctuaciones aleatorias en la demanda para cada uno de los productos se presentan constantemente y deben ser contempladas en nuestro modelo.

Entonces, si vamos a protegernos contra posibles faltas de inventario producto de esta incertidumbre, el lote de compra debe ser más grande que el calculado para una demanda esperada.

La diferencia entre el lote de compra para una demanda esperada y el lote de compra que calcularemos para protegernos de las fluctuaciones, es llamado lote de seguridad ( $Q_s$ ).

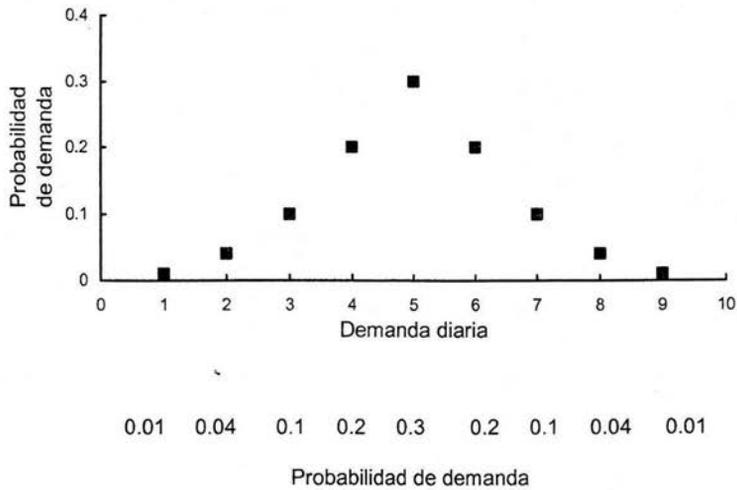
#### 4.1.1 Distribución discreta de demanda

Consideremos el caso “ideal” de un artículo cuya probabilidad de demanda según la experiencia está dada por la distribución que se muestra en la figura 4.1. Como podemos observar, la demanda promedio es de cinco unidades diarias.

---

**Figura 4.1.** Distribución de demanda

---



Asumamos que el tiempo de entrega del proveedor es de un día y que pedimos exactamente cinco unidades cada día para satisfacer la demanda. Si la demanda diaria llega a exceder el promedio de cinco unidades, se presentará un déficit de mercancía desde una hasta cuatro unidades, es decir, cuando la demanda sea de seis, siete, ocho o nueve unidades; tendremos entonces que ordenar un lote más grande para protegernos de estas fluctuaciones.

Para determinar qué tan grande será nuestro lote de seguridad requerimos especificar un nivel de riesgo aceptable de falta de inventario en el lapso base (un día).

El caso de la figura 4.1 nos muestra que para este ejemplo la probabilidad de que la demanda exceda de siete unidades es de 0.05 (esto es, demanda de ocho o nueve unidades). Un lote de seguridad de dos unidades (es decir un lote de compra de siete unidades) nos ubicará en una posición donde el riesgo de caer en falta de inventario es de 0.05 (uno de cada veinte ciclos de re aprovisionamiento). Por otro lado, este lote de seguridad nos brinda un 95% de probabilidad de satisfacer completamente la demanda durante un ciclo (un día). Hay que notar que esto significa que hay una probabilidad de 0.05 de quedarnos sin inventario ya sea por una o por dos unidades.

---

**Tabla 4.1.** Probabilidad de falta de inventario

---

Lote total de compra (L)	Inventario de seguridad (Is)	Probabilidad de demanda ( $P(d)=L$ )	Probabilidad de falta de inventario ( $P(d)>L$ )
5	0	0.30	0.35
6	1	0.20	0.15
7	2	0.10	0.05
8	3	0.04	0.01
9	4	0.01	0.00

---

Nosotros podemos reducir el riesgo de caer en escasez de inventario por medio de una mayor inversión en un lote de seguridad mayor; esto es, con un lote de seguridad de tres unidades, la probabilidad de caer en escasez de mercancía puede ser reducida a 0.01 (como lo muestra la tabla 4.1), y con cuatro unidades, el riesgo puede reducirse a 0, asumiendo que la distribución de la demanda no cambie.<sup>1</sup>

#### 4.1.2. Distribución continua

Ahora, hemos utilizado una distribución discreta para describir la incertidumbre en la demanda durante un ciclo de compra; pero sería conveniente aproximar esta distribución discreta a una distribución continua para simplificar el cálculo del lote de seguridad.

Una distribución que se acerca bastante a un conjunto de datos empíricos de esta naturaleza, es la distribución normal, e indicaremos cuáles son los cambios necesarios para calcular el lote de seguridad a partir de esta distribución.

**Tabla 4.2.** Aproximación de la Normal a distribución empírica de la demanda

Punto medio	Probabilidad distribución discreta	Intervalo	Probabilidad distribución normal
1	0.01	0.5--1.5	0.0085
2	0.04	1.5--2.5	0.0380
3	0.10	2.5--3.5	0.1109
4	0.20	3.5--4.5	0.2108
5	0.30	4.5--5.5	0.2610
6	0.20	5.5--6.5	0.2108
7	0.10	6.5--7.5	0.1109
8	0.04	7.5--8.5	0.0380
9	0.01	8.5--9.5	0.0085

<sup>1</sup> VOLLMAN y BERRY, op. cit., pp. 214, 215.

La tabla 4.2 nos proporciona los datos necesarios para comparar los valores de probabilidad empíricamente obtenidos de la figura 4.1 con valores similares derivados de la distribución normal. La comparación nos muestra que la distribución normal nos da una aproximación muy válida a observaciones empíricas y puede ser empleada para calcular el lote de seguridad.

Dicho lote de seguridad, y por consiguiente el lote de compra, son fácilmente calculados usando la distribución normal. Primero tenemos que determinar la media y la desviación estándar para la distribución de la demanda durante un ciclo. Estos valores son calculados usando los datos históricos de la demanda. Supongamos para fines de ejemplificación una media de cinco (como lo muestra la figura 4.2) y una desviación estándar de 1.5.

Posteriormente tenemos que calcular el lote de seguridad usando la tabla de valores de probabilidad de la distribución normal. Por ejemplo, supongamos que queremos calcular el lote de seguridad necesario para la hoja de rasurar tal que el nivel de riesgo de quedarnos sin inventario sea de 0.05. En este caso, no usaremos la suma de los pronósticos, sino la demanda promedio. Determinamos el lote de seguridad y el lote de compra como sigue:

$$Q_s = Z \cdot \sigma_D$$

$$Q = \bar{D} + Z \cdot \sigma_D$$

Donde:

$Z$  = El valor correspondiente de la tabla de probabilidades de la distribución normal

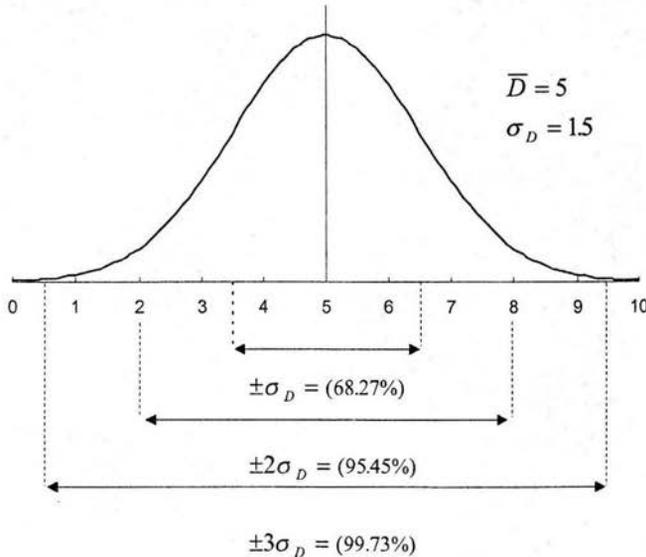
$\sigma_D$  = Desviación estándar de los registros de demanda

$\bar{D}$  = Demanda promedio en un ciclo

---

**Figura 4.2.** Distribución normal continua

---



---

El valor de  $Z$  para un 0.05 de probabilidad de escasez es 1.645 (de la tabla de probabilidades de la distribución normal). El nivel requerido para el lote de seguridad será entonces de 2.5 unidades -esto es  $(1.645)(1.5)$ - y el lote total de compra será de 7.5(8) unidades.<sup>2</sup>

Hasta ahora, para determinar el lote de seguridad, hemos empleado un ejemplo que presenta una demanda variable, pero hasta cierto punto uniforme, es decir, siempre oscila alrededor de cinco unidades como lo muestra la figura 4.3. Sin embargo para el caso que nos

---

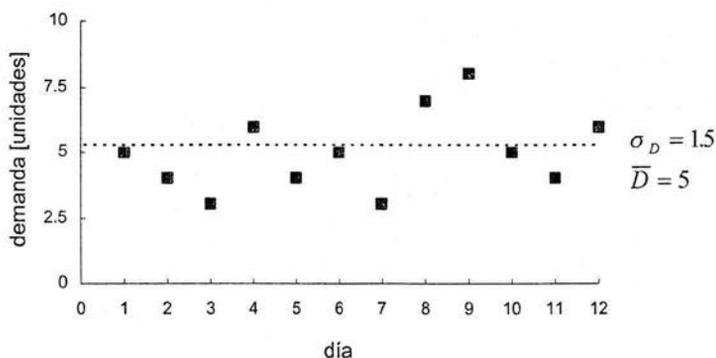
<sup>2</sup> Ibid., pp. 716-718.

ocupa, creemos conveniente no asumir una demanda uniforme, sino una demanda con tendencia a crecer o decrecer en determinado tiempo.<sup>2</sup>

---

**Figura 4.3.** Demanda sin tendencia

---



---

En el ejemplo anterior consideramos una distribución con  $\bar{D} = 5$  y  $\sigma_D = 1.5$ . Estos datos se obtiene de las fórmulas estadísticas:<sup>3</sup>

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n} \quad \text{y} \quad \sigma_D = \sqrt{\frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n}}$$

Sin embargo, el usar una demanda promedio y una desviación estándar obtenida a partir de la diferencia de los datos reales de demanda con respecto a la media, resulta poco exacto, pues en caso de demandas con tendencia como la que se muestra en la figura 4.4, la

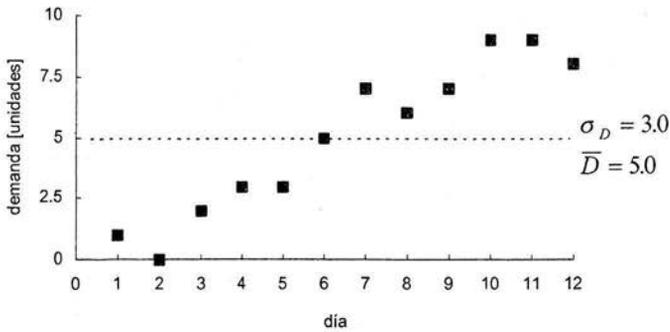
---

<sup>3</sup> CHAO, op. cit., p. 65.

desviación estándar resultaría muy elevada y el rango de ocurrencia de la demanda para el día siguiente sería muy amplio.

Por lo mismo sugerimos no utilizar la demanda promedio para calcular el inventario de seguridad. Como vimos en el capítulo anterior, en la sección dedicada al pronóstico, se utilizará una regresión móvil de las últimas cinco observaciones en cada periodo para estimar la demanda futura.

**Figura 4.4.** Demanda con tendencia



Entonces, el valor de la desviación que usaremos, será el resultado de las diferencias de los valores reales de demanda de los últimos cinco periodos y los valores interpolados de la regresión, en lugar de la demanda promedio. Para este efecto se usará la misma fórmula que se usó para la desviación estándar pero adaptada a lo antes mencionado:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=t-4}^t (D_i - D_{R,i})^2}{5}}$$

Donde:

$\sigma_R$  = Desviación producto de la diferencia de los valores reales de la demanda y los valores interpolados de la regresión.

$D_i$  = Valores reales de la demanda histórica en el periodo  $i$

$D_{R,i}$  = Valores de demanda interpolada en el periodo  $i$

$t$  = Último periodo observado

Los cálculos para el ejemplo de la figura 4.4 aparecen a continuación y se ilustran en la figura 4.5:

---

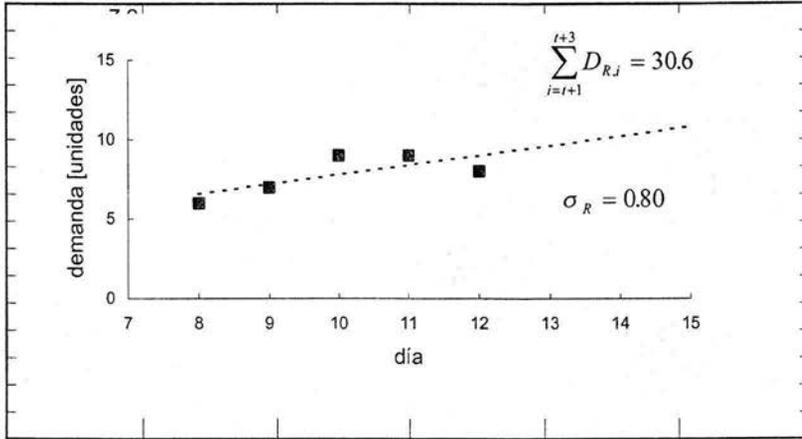
**Tabla 4.3.** Desviación y pronóstico de demanda

---

Día ( $i$ )	Demanda real ( $D_i$ )	Demanda interpolada/ extrapolada ( $D_{R,i}$ )	$(D_i - D_{R,i})^2$
8	6	6.60	0.3600
9	7	7.20	0.0400
10	9	7.80	1.4400
11	9	8.40	0.3600
12	8	9.00	1.0000
13	?	9.60	---
14	?	10.20	---
15	?	10.80	---

---

Figura 4.5. Recta de la regresión lineal



Luego entonces, la fórmula para calcular el lote de seguridad a partir de estos supuestos estará dada por lo siguiente:

$$Q_S = Z \cdot \sigma_R$$

Donde:

$Q_S$  = Lote de seguridad

$Z$  = Valor correspondiente de la tabla de probabilidades de la distribución normal

$\sigma_R$  = Desviación estándar con respecto a la regresión lineal.

Cabe mencionar que mientras más uniforme tienda a ser la demanda de los periodos considerados (es decir, sin presentar una tendencia clara de crecimiento o decrecimiento), más se parecerán los valores de la demanda proyectada y la demanda promedio en el mismo lapso. Asimismo tenderán a asemejarse los valores de  $\sigma_D$  y  $\sigma_R$ .

### 4.1.3. Factor de corrección de tiempo

En los ejemplos presentados en este capítulo, la demanda ha sido expresada en unidades por día. El hecho de que el reaprovisionamiento del inventario se realice cada día, sólo es posible en el caso de los artículos “A”, como se vio en el capítulo anterior. Para artículos tipo “B” y tipo “C”, el tiempo de reaprovisionamiento mínimo será de una y dos semanas respectivamente. Para estos casos, el ajuste será el siguiente:

$$Q_s = Z \cdot \sigma_R \cdot \sqrt{m}$$

Donde:

$m$  = Factor ABC [1, 6 ó 12 días]

Para los datos de la demanda que se muestra en la figura 4.5, supongamos que queremos un riesgo de escasez de 0.05 y que se trata de un artículo tipo “B”, entonces tendremos que el inventario de seguridad deberá ser de 3.22 (3 unidades), esto es,  $(1.645)(0.80)(\sqrt{6})$ .

Este factor lo sugieren Vollman y Berry con el fin de ponderar menos los periodos más alejados en el tiempo.<sup>4</sup>

### 4.2. Inventario de seguridad

Aunque el lote de compra ( $Q$ ) contempla una proporción de previsión con el lote de seguridad ( $Q_s$ ) para cubrir variaciones en la demanda, se presentarán déficits de mercancía a lo largo de un periodo dado debido a retrasos en los tiempos de entrega del proveedor y cambios demasiado bruscos en la tendencia de la demanda.

---

<sup>4</sup> VOLLMAN y BERRY, op. cit., pp. 219,220.

Para esto es conveniente contar con una reserva mínima de inventario que absorba dichos picos deficitarios.

Esta reserva de inventarios estará expresada en términos de los días de inventario mínimos necesarios a mantener en bodega.

Para explicar este parámetro, diremos primero que un buen sistema de control de inventarios no debe ser tan rígido en sus fórmulas que no nos permitan cierto grado de flexibilidad e intervención “humana” en el cálculo del lote de compra. Con esto no estamos diciendo que retomaremos el esquema empírico empleado actualmente. Lo que estamos afirmando es que debido al entorno comercial del mercado, condiciones especiales por parte de los proveedores (mismas que nunca vamos a poder eliminar) se presenta la necesidad de “modificar” las cantidades sugeridas por el sistema para ciertos artículos o ciertas categorías. Como ejemplo, consideremos ¿qué pasaría si en un momento dado se presentara una sobredemanda en el mercado de cierta categoría de artículos, lo cual nos llevará a una falta de suministro por parte de los proveedores? En este punto habrá que incrementar la cantidad de días de inventario que deseamos tener en bodega para absorber este problema.

Podemos decir que este parámetro es el más empírico de los factores a considerar en nuestra fórmula, debido a que está pensado para que con base en condiciones de mercado poco mensurables se ajusten las cantidades sugeridas por el modelo sin dejar de considerar la historia de ventas.

Con esto nos referimos a que para calcular el inventario de seguridad, estaremos considerando de todas maneras la estadística de ventas generada en los últimos cinco días, pero en lugar de limitarnos a solicitar mercancía para cubrir inventario en el lapso de  $Te + m$  días, solicitaremos para cubrir el lapso de  $Te+m+Is$  días.

El factor  $I_s$  ,estará pues expresado en términos de días adicionales a considerar en nuestro nivel óptimo de inventario.

En este sentido, la fórmula del lote de compra, quedará expresada de la siguiente manera:

$$Q = \sum_{i=t+1}^{t+Te+m+I_s} Dp_i - Q_o + Q_s - I_o$$

Es importante considerar que el Factor  $I_s$  aunque nos permite cierto grado de flexibilidad en este modelo no estaría sujeto al capricho y arbitrariedad de los gerentes de los centros de distribución o de los gerentes de compras, sino definidos y estipulados a través de políticas corporativas únicas. Como ejemplo, podemos mencionar que con base a la simulación que presentaremos más adelante quedaría definido que para artículos del tipo A los días de inventario a mantener como inventario de seguridad oscilaría entre 2 y 3.

Así pues, con base en situaciones simulables o experimentadas en el pasado, los gerentes corporativos de compras podrán definir las políticas a regir en este sentido.

Dicho lo anterior, la expresión desglosada para el cálculo del lote de compra será la siguiente:

$$Q_t = \sum_{i=t+1}^{t+Te+m+I_s} Dp_i - Q_o + Z\sigma_R\sqrt{m} - I_o$$

Donde :

$Q_t$  = Lote económico de compra en el periodo  $t$  [unidades]

$T_e$  = Tiempo de entrega del proveedor [días]

$m$  = Factor ABC [días]

$I_s$  = Inventario de seguridad [días]

$Dp_i$  = Demanda proyectada en el periodo  $i$ [unidades]

$Q_o$  = Órdenes de compra previas (*Backorder*)[unidades]

$Z$  = Valor correspondiente de la tabla de probabilidades de la distribución normal

$\sigma_R$  = Desviación estándar de la demanda diaria histórica con respecto a la regresión lineal [unidades]

$I_o$  = Inventario disponible inicial [unidades]

En el siguiente capítulo presentaremos un modelo de simulación para determinar el valor de este lote de compra con base en ciertos datos de entrada.

## **5. SIMULACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **5.- SIMULACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **5.1.- Consideraciones generales**

Para simular el comportamiento de la fase operativa del modelo que en esta tesis se plantea, hemos desarrollado un programa en Excel para que dados ciertos datos de entrada (inventario inicial, tipo de producto, tiempo de entrega del proveedor, etc.) genere una gráfica que represente el nivel del inventario a lo largo de un trimestre bajo el esquema de nuestro modelo. Asimismo, el programa despliega una serie de datos relevantes (nivel de inventario, lote de compra, lote de seguridad, demanda real, demanda proyectada) a lo largo de la simulación.

#### **5.1.1. Variables**

El modelo de control de inventarios que proponemos, cuenta con tres tipos de variables:

a) Independientes conocidas: Este tipo de variables está representado por aquellos factores que afectan directamente al modelo pero que son hasta cierto punto controlables, tales como: el tiempo de entrega del proveedor, el nivel de confianza del lote de seguridad y el tipo de producto.

b) Independientes aleatorias: Estas variables representan el punto más importante de la simulación y son todos aquellos factores que afectan directamente al modelo, pero no son controlables y presentan un comportamiento de tipo aleatorio. En nuestro caso la única variable independiente aleatoria será la demanda, aunque en un momento dado los atrasos en el tiempo de entrega de los proveedores podrían entrar dentro de esta categoría.

c) Dependientes: Son variables que resultan de aplicar el modelo a los datos de entrada de las variables independientes. Dichas variables son fundamentalmente el lote de

compra y el periodo de compra, aunque hay toda una serie de variables dependientes intermedias que nos llevan a estos resultados, los cuales a su vez nos producen un nivel de servicio a lo largo de un periodo dado. Dicho nivel de servicio lo definimos como el número de unidades entregadas a tiempo a nuestros clientes entre la demanda total.

### **5.1.2. Generadores de demanda**

Parte fundamental de toda simulación es la manera en que se generan artificialmente las variables independientes que afectan los modelos que se desean simular. En nuestro caso la variable independiente aleatoria que se desea generar es la serie de demanda del tipo que se presenta en la empresa que estamos analizando.

La macro está diseñada para ingresar esta serie de demanda en dos formas:

a) Manual: De esta forma es posible ingresar una serie de demanda preestablecida para observar el comportamiento del modelo bajo estas condiciones.

b) Automática: Este proceso está pensado para que una hoja de cálculo genere durante la corrida una serie de demanda aleatoria dado un promedio y una desviación estándar iniciales. Nos interesa producir en cada iteración, números aleatorios con distribución normal alrededor de un pronóstico de demanda y con una desviación estándar cercana a la desviación estándar preestablecida.

Existen varios métodos para generar números aleatorios con una media y una desviación estándar dadas. El más común, llamado de la transformada inversa, utiliza la distribución acumulada de la función original y presenta la dificultad de encontrar dicha función inversa para la curva normal<sup>1</sup>. Otro método consiste en calcular los números aleatorios a través de una expresión que resulta de manipular la función de la curva normal.

---

<sup>1</sup> Cfr. COS BU, Raul, *Simulación: un enfoque práctico*, p.49.

Este es el método más preciso y será el que emplearemos para nuestros fines. No siendo tema de esta tesis la generación de números aleatorios, omitiremos la demostración de dicha expresión y sólo nos limitaremos presentarla:

$$r_n = (\sqrt{-2} \cdot \ln(r_1) \cdot (\cos 2\pi \cdot r_2) \cdot \sigma) + \mu$$

Donde:

$r_n$  = Número aleatorio con distribución normal, media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma^2$

$r_1$  = Número aleatorio con distribución uniforme y rango  $[0,1]$

$r_2$  = Número aleatorio con distribución uniforme y rango  $[0,1]$

Cabe señalar que para fines de aplicación del modelo a la solución del problema real en la empresa en cuestión, se pretende emplear el programa como base para la instalación de dicho modelo en el área de compras. La principal modificación que requerirá el algoritmo, será adaptar el programa para que admita los valores reales de las variables de entrada.

## **5.2. Hoja de cálculo**

El simulador está desarrollado en un libro de Excel con ayuda de ciertas *macros*. La pantalla principal del simulador se presenta en la figura 5.1.

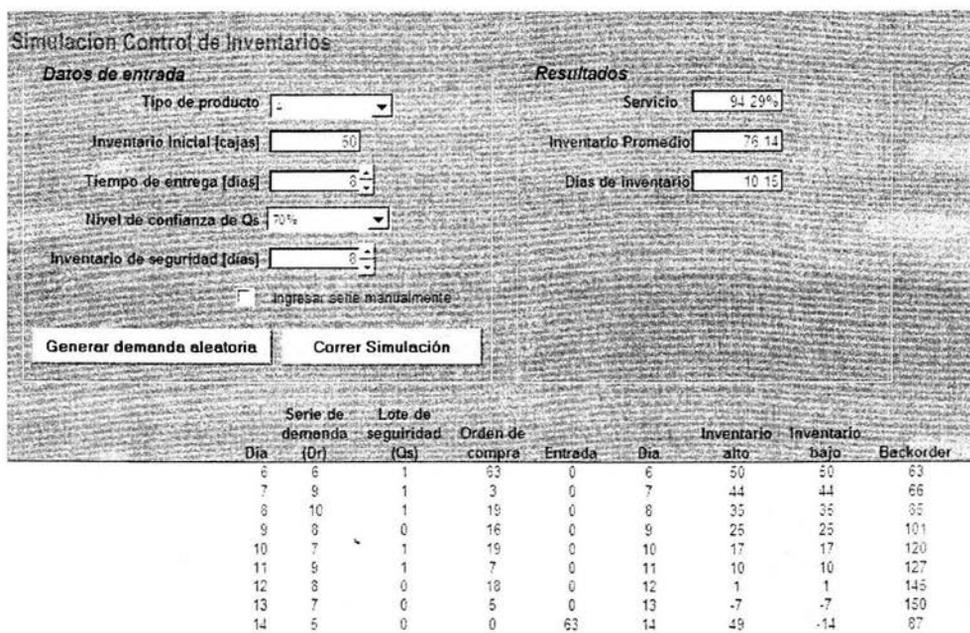
## **5.3. Corrida de la simulación**

Para presentar una idea de cómo funciona nuestro modelo hemos corrido el programa en ocho distintas situaciones. Los datos de entrada que consideraremos y que variaremos a lo largo de las ocho corridas son:

-Tipo de producto

- Inventario inicial
- Nivel de confianza en el lote de seguridad
- Tiempo de entrega
- Serie aleatoria de demanda
- Inventario de seguridad

Figura 5.1. Pantalla principal del simulador



En este caso, la serie aleatoria de demanda, en número de cajas vendidas por día, no la generaremos automáticamente sino ingresando series históricas reales de dos productos manejados por la empresa. Dichas series son las siguientes y abarcan un trimestre de historia

tomada directamente de la estadística de dos artículos A y C respectivamente (consideramos estos dos tipos de artículos por tratarse de los dos extremos de esta clasificación):

**Tabla 5.1.** Series de demanda empleadas en la simulación

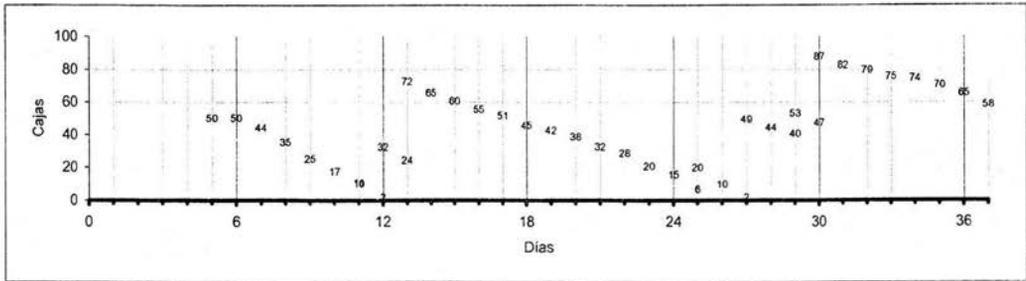
<b>Serie 1</b>	Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37				
	Venta	7	6	8	5	7	6	9	10	8	7	9	8	7	5	5	4	6	3	4	6	4	8	5	9	10	8	5	4	6	5	3	4	1	4	5	7	8				
	Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75			
	Venta	7	6	9	10	12	14	10	11	15	10	13	9	14	11	13	14	16	10	13	9	8	6	7	2	8	5	7	8	1	11	9	4	5	2	7	7	1	8			
<b>Serie 2</b>	Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37				
	Venta	0	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	0				
	Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75			
	Venta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0

El programa nos arroja un resumen de la corrida en el cual se indica el desempeño del modelo bajo las condiciones dadas. Los datos de salida de dicho resumen son los siguientes:

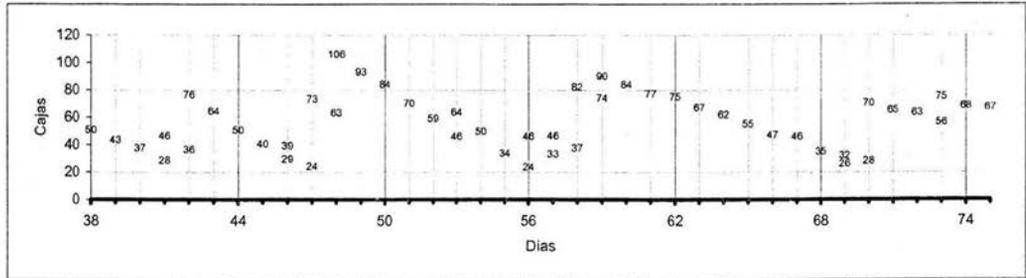
- Nivel de servicio
- Inventario promedio
- Días de inventario promedio

Las corridas aparecen esquematizadas en las figuras siguientes.

**Figura 5.2.**



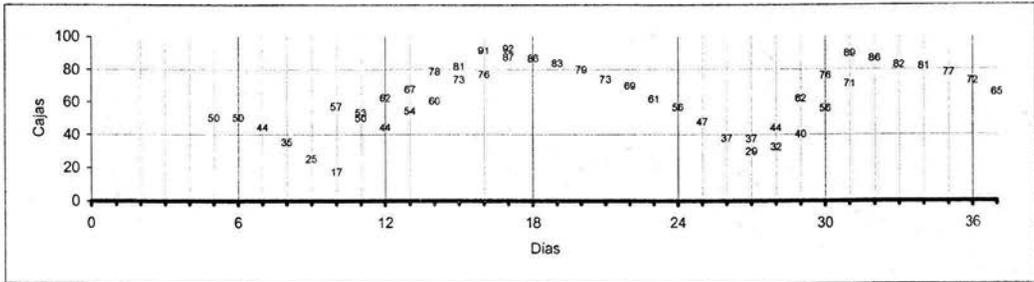
Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Demanda/dia	7	6	8	5	7	6	9	10	8	7	9	8	7	5	4	6	3	4	6	4	8	5	9	10	8	5	4	6	5	3	4	1	4	5	7	8		
Lote de seg.	0	0	0	0	0	4	4	5	3	5	6	4	4	3	4	1	2	4	4	4	5	5	4	6	6	6	6	8	4	5	5	4	4	3	5	5	5	
Lote de compra	0	0	0	0	0	1	31	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	48	0	13	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	31	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	48	0	13	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	50	50	44	35	25	17	11	32	72	65	60	55	51	45	42	38	32	28	20	15	20	10	49	44	53	87	82	79	75	74	70	65	58	
Inv. min.	0	0	0	0	50	44	35	25	17	10	2	24	65	60	55	51	45	42	38	32	28	20	15	6	10	2	44	40	47	82	79	75	74	70	65	58		
Inv. Necessario	0	0	0	0	42	41	62	102	81	60	48	45	50	25	7	5	25	20	18	41	28	77	55	74	105	77	48	4	5	18	20	18	0	7	41	71		



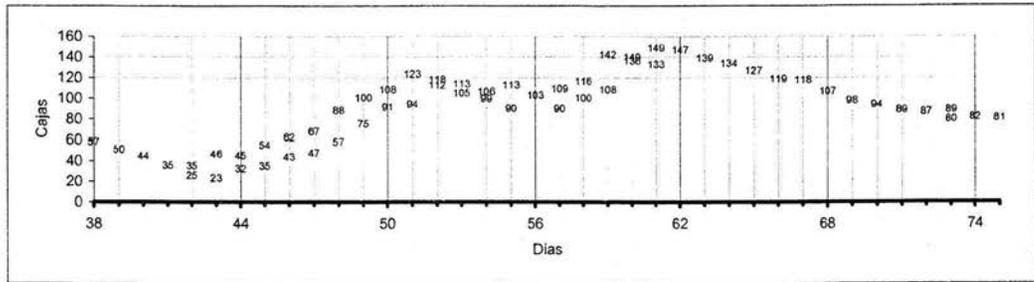
Dia	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Demanda/dia	7	6	9	10	12	14	10	11	15	10	13	9	14	11	13	14	16	10	13	9	8	6	7	2	8	5	7	8	1	11	9	4	5	2	7	7	1	8
Lote de seg.	2	3	4	4	5	3	1	6	6	7	8	7	8	9	7	6	5	9	7	7	7	6	5	5	9	8	8	7	9	13	13	14	14	5	9	6	10	
Lote de compra	40	0	0	0	10	45	43	0	0	0	0	18	40	0	22	13	45	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	42	0	0	19	0	0	0	0	6	0
Entradas	0	0	0	18	40	0	0	0	10	49	43	0	0	0	18	0	0	22	13	45	16	0	0	0	0	0	0	0	0	6	42	0	0	19	0	0	0	0
Inv. max.	50	43	37	46	76	64	50	40	39	73	106	93	84	70	59	64	50	34	46	46	82	90	84	77	75	67	62	55	47	46	35	32	70	65	63	75	68	67
Inv. min.	50	43	37	28	36	64	50	40	29	24	63	93	84	70	59	46	50	34	24	33	37	74	84	77	75	67	62	55	47	46	35	26	28	65	63	56	68	67
Inv. Necessario	106	81	55	60	81	120	151	102	80	99	71	104	56	73	92	92	123	125	94	76	32	14	14	8	2	27	35	53	88	4	70	80	46	46	0	13	69	18

Entrada		Resultados	
Tipo de produto	A	Inventario Promedio	51.08
Inventario Inicial [cajas]	50	Nivel de Servicio	100.00%
Tiempo de entrega [dias]	4	Dias de inventario promedio	6.81
Nivel de confianza de Qs	100%		
Inventario de seguridad [dias]	2		

Figura 5.3.



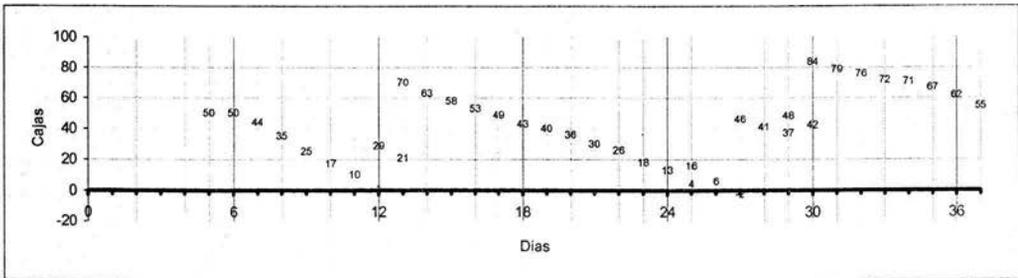
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Demanda/día	7	6	8	5	7	6	9	10	8	7	9	8	7	5	5	4	6	3	4	6	4	8	5	9	10	8	5	4	6	5	3	4	1	4	5	7	8	
Lote de seg.	0	0	0	0	0	4	4	5	3	5	6	4	4	3	4	1	2	4	4	4	5	5	4	6	6	6	6	8	4	5	5	4	4	3	5	5	5	
Lote de compra	0	0	0	0	0	40	3	18	13	18	8	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	22	20	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	3	18	13	18	8	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	50	50	44	35	25	57	53	62	67	78	81	91	92	86	83	79	73	69	61	56	47	37	37	44	62	76	89	86	82	81	77	72	65	
Inv. min.	0	0	0	0	0	50	44	35	25	17	50	44	54	60	73	76	87	86	83	79	73	69	61	56	47	37	29	32	40	56	71	86	82	81	77	72	65	
Inv. Necesario	0	0	0	0	0	86	83	91	96	104	104	112	109	101	94	83	75	70	60	57	60	60	65	70	83	94	104	96	84	86	73	60	57	49	44	44	55	



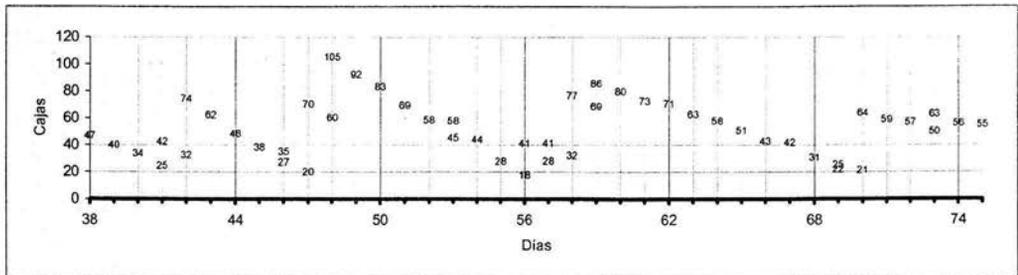
Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
Demanda/día	7	6	9	10	12	14	10	11	15	10	13	9	14	11	13	14	16	10	13	9	8	6	7	2	8	5	7	8	1	11	9	4	5	2	7	7	1	8	
Lote de seg.	2	3	4	4	5	3	1	6	6	7	8	7	8	9	7	7	6	5	9	7	7	7	6	5	5	9	8	8	7	9	13	13	14	14	5	9	6	10	
Lote de compra	10	23	12	20	19	20	30	25	17	29	6	9	7	23	0	19	16	34	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entradas	0	0	0	0	10	23	12	20	19	20	30	25	17	29	6	9	7	23	0	19	16	34	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	57	50	44	35	35	46	45	54	62	67	88	100	108	123	118	113	106	113	103	109	116	142	140	149	147	139	134	127	119	118	107	98	94	89	87	86	82	81	
Inv. min.	57	50	44	35	25	23	32	35	43	47	57	75	91	94	112	105	99	90	103	90	100	108	136	133	147	139	134	127	119	118	107	98	94	89	87	80	82	81	
Inv. Necesario	65	81	86	96	104	114	133	143	148	161	156	153	151	159	148	156	159	177	166	172	161	146	120	112	83	81	73	75	78	75	83	94	86	78	81	70	65	57	

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	A	Inventario Promedio	77.76
Inventario Inicial [cajas]	50	Nivel de Servicio	100.00%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	10.37
Nivel de confianza de Qs	100%		
Inventario de seguridad [días]	8		

**Figura 5.4.**



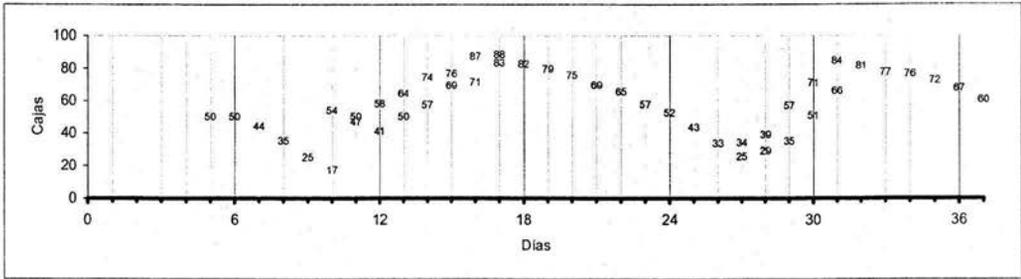
Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Demanda/día	7	6	8	5	7	6	9	10	8	7	9	8	7	5	5	4	6	3	4	6	4	8	5	9	10	8	5	4	6	5	3	4	1	4	5	7	8
Lote de seg.	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	28	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	48	0	11	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	48	0	11	41	0	0	0	0	0	0	0	18
Inv. max.	0	0	0	0	50	50	44	35	25	17	10	29	70	63	58	53	49	43	40	36	30	26	18	13	16	6	46	41	48	84	79	75	72	71	67	62	55
Inv. min.	0	0	0	0	50	44	35	25	17	10	1	21	63	58	53	49	43	40	36	30	26	18	13	4	6	-2	41	37	42	79	76	72	71	67	62	55	
Inv. Necesario	0	0	0	0	42	41	62	102	81	60	46	46	50	25	7	5	25	20	18	41	28	77	55	74	105	77	48	4	5	16	20	18	0	7	41	71	



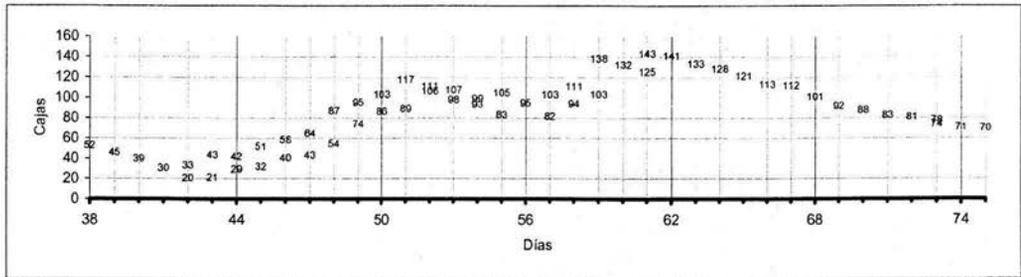
Dia	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Demanda/día	7	6	9	10	12	14	10	11	15	10	13	9	14	11	13	14	16	10	13	9	8	6	7	2	8	5	7	8	1	11	9	4	5	2	7	7	1	8
Lote de seg.	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	
Lote de compra	42	0	0	0	8	50	45	0	0	0	0	12	0	0	23	13	45	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	43	0	0	13	0	0	0	14	0	
Entradas	0	0	0	18	42	0	0	0	8	50	45	0	0	0	12	0	0	23	13	45	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	43	0	0	13	0	0
Inv. max.	47	40	34	42	74	62	48	38	35	70	105	92	83	69	58	58	44	28	41	41	77	86	80	73	71	63	58	51	43	42	31	25	64	59	57	63	56	55
Inv. min.	47	40	34	25	32	62	48	38	27	20	60	92	83	69	58	45	44	28	18	28	32	69	80	73	71	63	58	51	43	42	31	22	21	59	57	50	56	55
Inv. Necesario	106	81	55	60	81	120	151	102	80	99	71	104	56	73	92	92	123	125	94	76	32	14	14	8	2	27	35	53	88	4	70	80	46	46	0	13	69	18

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	A	Inventario Promedio	47.45
Inventario Inicial [cajas]	50	Nivel de Servicio	99.54%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	6.33
Nivel de confianza de Qs	70%		
Inventario de seguridad [días]	2		

**Figura 5.5.**



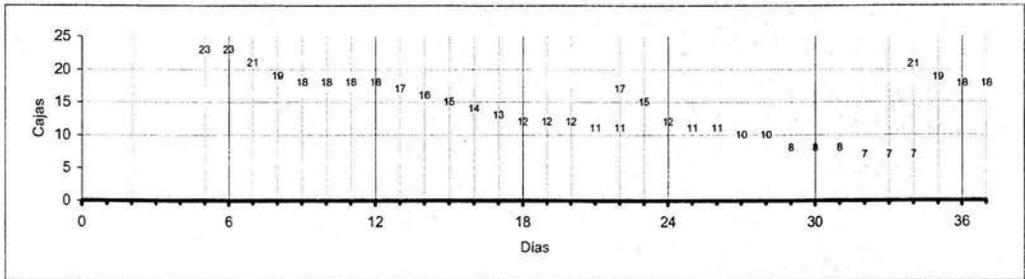
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Demanda/día	7	6	8	5	7	6	9	10	8	7	9	8	7	5	5	4	6	3	4	6	4	8	5	9	10	8	5	4	6	5	3	4	1	4	5	7	8	
Lote de seg.	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	
Lote de compra	0	0	0	0	0	37	3	17	14	17	7	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	10	22	20	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	3	17	14	17	7	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	50	50	44	35	25	54	50	58	64	74	76	87	88	82	79	75	69	65	57	52	43	33	34	29	39	57	71	84	81	77	76	72	67	60
Inv. min.	0	0	0	0	50	44	35	25	17	47	41	50	57	69	71	83	82	79	75	69	65	57	52	43	33	25	29	35	51	66	81	77	76	72	67	60		
Inv. Necesario	0	0	0	0	86	83	91	96	104	104	112	109	101	94	88	75	70	60	57	60	60	65	70	83	94	104	96	94	86	73	60	57	49	44	44	55		



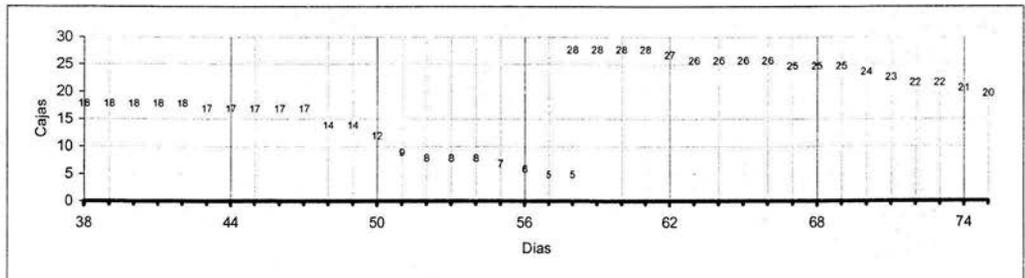
Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
Demanda/día	7	6	9	10	12	14	10	11	15	10	13	9	14	11	13	14	16	10	13	9	8	6	7	2	8	5	7	8	1	11	9	4	5	2	7	7	1	8	
Lote de seg.	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	1	1	1	1	
Lote de compra	13	22	12	20	18	21	32	21	17	28	5	10	22	0	21	17	35	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entradas	0	0	0	13	22	12	20	18	21	32	21	17	28	5	10	6	22	0	21	17	35	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	52	45	39	30	33	43	42	51	58	64	87	95	103	117	111	107	99	105	95	103	111	138	132	143	141	133	128	121	113	112	101	92	88	83	81	78	71	70	
Inv. min.	52	45	39	30	20	21	29	32	40	43	54	74	86	89	106	98	93	83	95	82	94	103	132	125	141	133	128	121	113	112	101	92	88	83	81	74	71	70	
Inv. Necesario	65	81	86	96	104	114	133	143	148	161	156	153	151	159	148	156	159	177	166	172	161	146	120	112	83	81	73	75	78	75	83	94	86	78	81	70	65	57	

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	A	Inventario Promedio	73.08
Inventario Inicial [cajas]	50	Nivel de Servicio	100.00%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	9.74
Nivel de confianza de Qs	70%		
Inventario de seguridad [días]	8		

**Figura 5.6.**



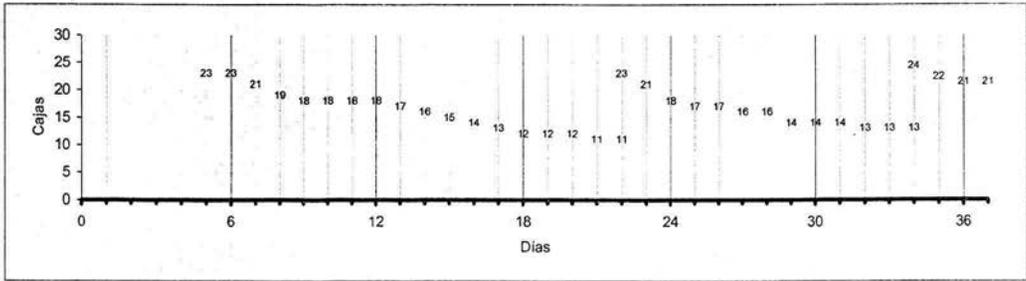
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Demanda/día	0	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	
Lote de seg.	0	0	0	0	0	6	9	4	9	9	4	5	7	3	3	4	0	0	4	3	6	6	8	9	13	16	10	10	10	11	10	11	9	6	9	10	11	
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	23	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	17	15	12	11	11	10	10	8	8	8	7	7	21	19	18	18	
Inv. min.	0	0	0	0	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	11	15	12	11	11	10	10	8	8	8	7	7	7	19	18	18		
Inv. Necesario	0	0	0	0	7	83	91	96	104	104	112	109	101	94	88	75	18	60	57	60	60	65	70	83	94	104	95	94	11	73	60	57	49	44	44	55		



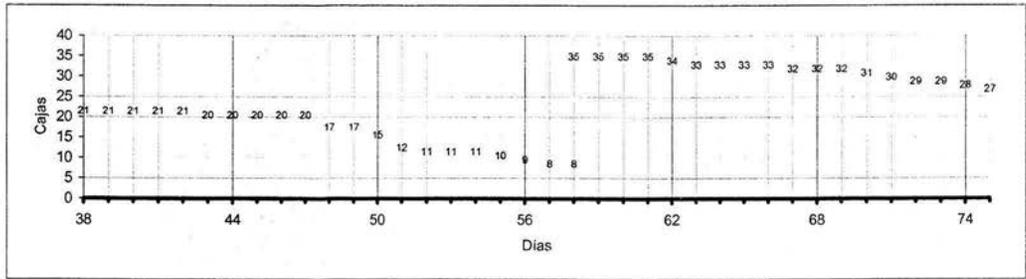
Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Demanda/día	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
Lote de seg.	10	5	4	0	0	4	5	6	5	4	12	16	16	16	16	9	12	6	3	7	3	3	4	4	3	6	6	3	7	5	6	6	6	3	7	5	6	
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	14	14	12	9	8	8	8	7	6	5	28	28	28	28	27	26	26	26	25	25	25	25	24	23	22	22	21	20
Inv. min.	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	14	14	12	9	8	8	8	7	6	5	5	28	28	28	27	26	26	26	25	25	25	24	23	22	22	21	20	
Inv. Necesario	65	81	86	96	0	114	133	143	148	161	156	153	151	159	148	156	22	177	166	172	161	146	120	112	83	81	73	75	7	75	83	94	86	78	81	70	65	57

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	C	Inventario Promedio	16.33
Inventario Inicial [cajas]	23	Nivel de Servicio	100.00%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	24.84
Nivel de confianza de Qs	100%		
Inventario de seguridad [días]	2		

**Figura 5.7.**



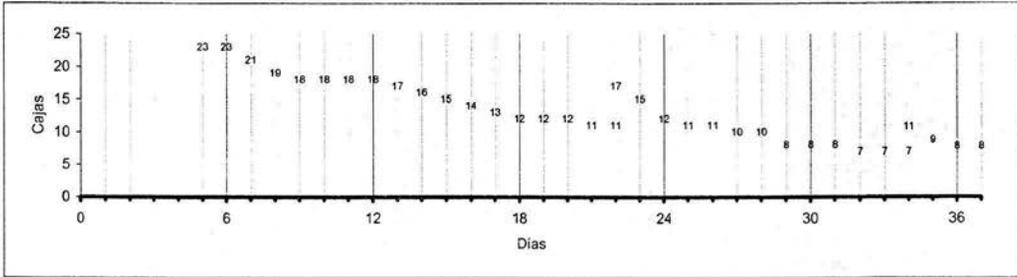
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Demanda/día	0	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
Lote de seg.	0	0	0	0	6	9	4	9	9	4	5	7	3	3	4	0	0	4	3	6	6	8	9	13	16	10	10	10	11	10	11	9	6	9	10	11	
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	23	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	23	21	18	17	17	16	16	14	14	14	13	13	24	22	21	21
Inv. min.	0	0	0	0	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	11	21	18	17	17	16	16	14	14	14	13	13	13	22	21	21	
Inv. Necesario	0	0	0	0	10	83	91	96	104	104	112	109	101	94	88	75	24	60	57	60	60	65	70	83	94	104	96	94	14	73	60	57	49	44	44	55	



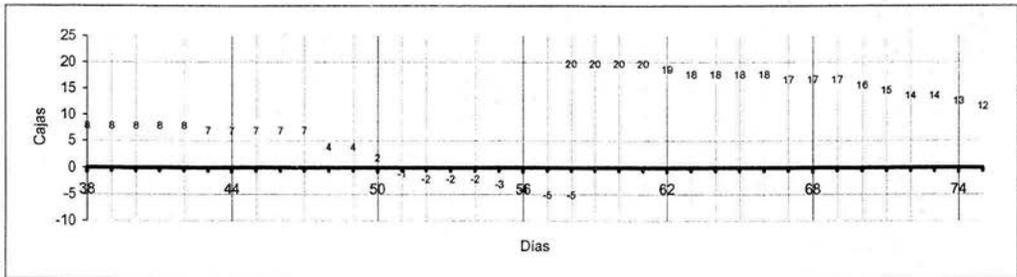
Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
Demanda/día	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
Lote de seg.	10	5	4	0	0	4	5	6	5	4	12	16	16	16	16	9	12	6	3	7	3	3	4	4	3	6	6	3	7	5	6	6	6	6	3	7	5	6
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Inv. max.	21	21	21	21	21	20	20	20	20	20	17	17	15	12	11	11	11	10	9	8	35	35	35	35	34	33	33	33	33	32	32	32	31	30	29	29	28	27
Inv. min.	21	21	21	21	21	20	20	20	20	20	17	17	15	12	11	11	11	10	9	8	8	35	35	35	34	33	33	33	32	32	32	31	30	29	29	28	27	
Inv. Necesario	65	81	86	96	0	114	133	143	148	161	156	153	151	159	148	156	29	177	166	172	161	146	120	112	83	81	73	75	10	75	83	94	86	76	81	70	65	57

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	C	Inventario Promedio	20.36
Inventario Inicial [cajas]	23	Nivel de Servicio	100.00%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	30.98
Nivel de confianza de Qs	100%		
Inventario de seguridad [días]	8		

**Figura 5.8.**



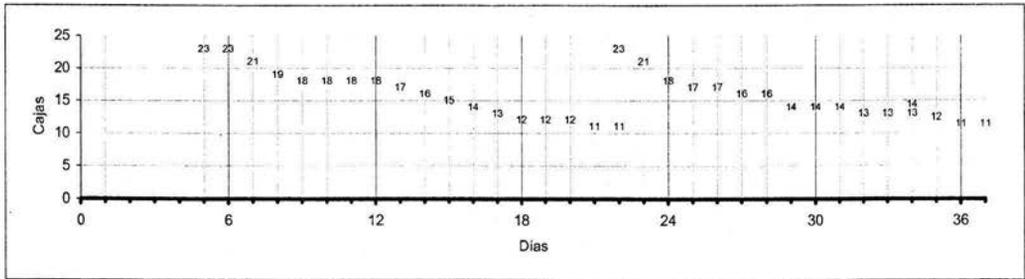
Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37									
Demanda/día	0	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	0	0		
Lote de seg.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	23	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	12	11	17	15	12	11	11	10	10	8	8	8	7	7	11	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Inv. min.	0	0	0	0	0	23	21	19	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	12	11	11	15	12	11	11	10	10	8	8	8	7	7	7	7	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Inv. Necesario	0	0	0	0	0	7	83	91	96	104	104	112	109	101	94	88	75	18	60	57	60	60	65	70	83	94	104	96	94	11	73	60	57	49	44	44	55									



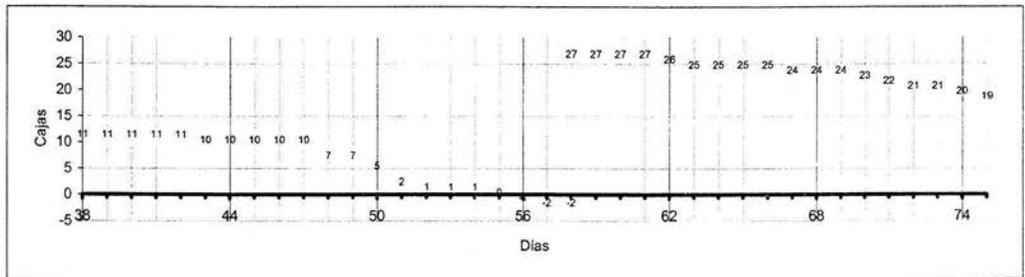
Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75									
Demanda/día	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0		
Lote de seg.	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	4	4	2	-1	-2	-2	-2	-3	-4	-5	20	20	20	20	19	18	18	18	18	17	17	17	16	15	14	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Inv. min.	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	4	4	2	-1	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-5	20	20	20	19	18	18	18	18	17	17	17	16	15	14	14	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Inv. Necesario	65	81	86	96	0	114	133	143	148	161	156	153	151	159	148	156	22	177	166	172	161	146	120	112	83	81	73	75	7	75	83	94	86	78	81	70	65	57									

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	C	Inventario Promedio	10.94
Inventario Inicial [cajas]	23	Nivel de Servicio	44.35%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	16.64
Nivel de confianza de Qs	70%		
Inventario de seguridad [días]	2		

**Figura 5.9.**



Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Demanda/día	0	1	0	0	1	2	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	0	
Lote de seg.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Inv. max.	0	0	0	0	23	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	23	21	18	17	17	16	16	14	14	14	13	13	14	14	12	11	11
Inv. min.	0	0	0	0	23	21	19	18	18	18	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	11	21	18	17	17	16	16	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	
Inv. Necesario	0	0	0	0	10	83	91	96	104	104	112	109	101	94	88	75	24	60	57	60	60	65	70	83	94	104	96	94	14	73	60	57	49	44	44	55		



Día	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
Demanda/día	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
Lote de seg.	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
Lote de compra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entradas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv. max.	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	7	7	5	2	1	1	1	0	-1	-2	27	27	27	27	26	25	25	25	25	24	24	24	23	22	21	21	20	19	
Inv. min.	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	7	7	5	2	1	1	1	0	-1	-2	27	27	27	26	25	25	25	25	24	24	24	23	22	21	21	20	19		
Inv. Necesario	65	81	86	96	0	114	133	143	148	161	156	153	151	159	148	156	29	177	166	172	161	146	120	112	83	81	73	75	10	75	63	94	86	78	81	70	65	57	

Entrada		Resultados	
Tipo de producto	C	Inventario Promedio	14.97
Inventario Inicial [cajas]	23	Nivel de Servicio	91.74%
Tiempo de entrega [días]	4	Días de inventario promedio	22.78
Nivel de confianza de Qs	70%		
Inventario de seguridad [días]	8		

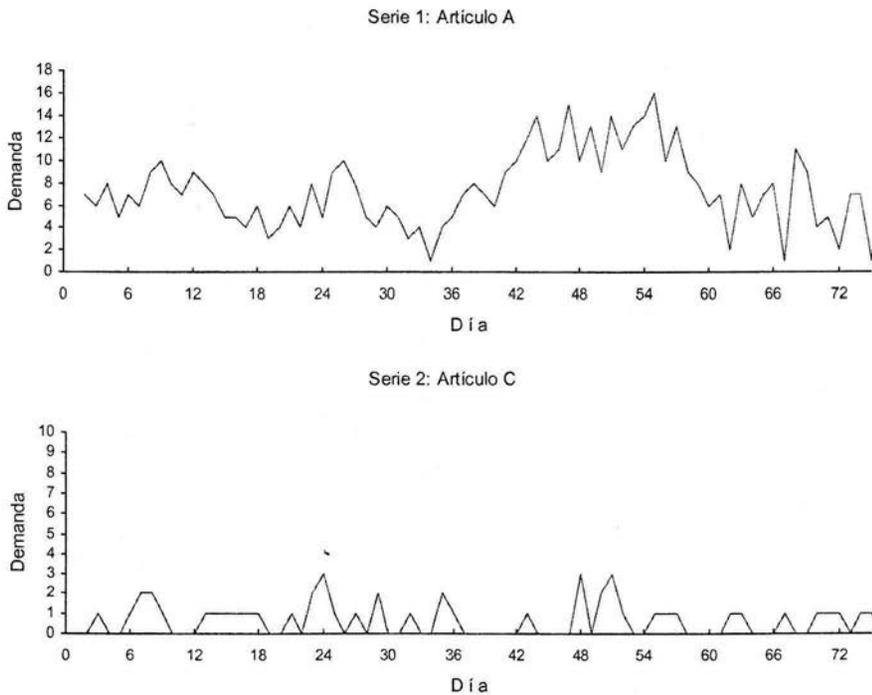
#### 5.4. Análisis de resultados

Como ya mencionamos, se emplearon dos series históricas de demanda, las cuales graficamos en la figura 5.10 para un mejor análisis.

---

**Figura 5.10.** Series de demanda empleadas en la simulación

---



Adicionalmente a estas ocho corridas mencionadas se corrieron otras ocho simulaciones variando el tiempo de entrega del proveedor. El resumen de todas estas corridas se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 5.2.** Corridas de la simulación

Corrida	Serie	Tipo de producto	Inventario Inicial	Tiempo de entrega	Nivel de confianza de Cts	Inventario de seguridad	Inventario promedio	Nivel de servicio	Días de inventario
1	1	A	50	4	100%	2	51.08	100.00%	6.81
2	1	A	50	4	100%	8	77.76	100.00%	10.37
3	1	A	50	4	70%	2	47.45	99.54%	6.33
4	1	A	50	4	70%	8	73.08	100.00%	9.74
5	2	C	23	4	100%	2	16.33	100.00%	24.84
6	2	C	23	4	100%	8	20.36	100.00%	30.98
7	2	C	23	4	70%	2	10.94	44.35%	16.64
8	2	C	23	4	70%	8	14.97	91.74%	22.78
9	1	A	50	8	100%	2	30.12	53.90%	4.02
10	1	A	50	8	100%	8	80	95.16%	10.67
11	1	A	50	8	70%	2	26.29	45.54%	3.51
12	1	A	50	8	70%	8	76.14	94.29%	10.15
13	2	C	23	8	100%	2	16.33	100.00%	24.84
14	2	C	23	8	100%	8	19.95	100.00%	30.36
15	2	C	23	8	70%	2	11.39	55.65%	17.33
16	2	C	23	8	70%	8	15.08	100.00%	22.95

Observando las figuras 5.2 a 5.9 así como la tabla 5.2 podemos resaltar varios puntos:

a) El modelo reacciona instantáneamente a las condiciones iniciales de déficit o exceso de inventario. En la gráfica 5.2, por ejemplo, se puede observar una clara caída del inventario en los días iniciales hasta llegar a un punto más o menos estable a partir del cual se empiezan a generar las órdenes de compra.

b) La escasez de mercancía se da inmediatamente después de una alza súbita en la demanda sin embargo; en la mayoría de los casos, esa escasez se compensa de manera inmediata en los días siguientes en que se presenta, debido a que previamente el modelo ya

“detectó” la posible falta de mercancía. Para ilustrar esto, podemos observar en la figura 5.2 los días 12 y 27 los cuales son precedidos por días con una tendencia creciente en la demanda. El algoritmo reacciona con órdenes de compra grandes.

c) De igual manera, el modelo reacciona a caídas de demanda absteniéndose de generar órdenes de compra. Esto lo podemos observar de nuevo en la figura 5.2. entre los días 56 y 65 en donde el inventario llega a ser hasta de noventa unidades como producto de una tendencia creciente de demanda registrada en los días 51, 52, 53 y 54. Sin embargo, inmediatamente después se presenta una caída de demanda en los días subsecuentes ; esto provoca que entre los días 56 y 65 el sistema omita la emisión de órdenes de compra para estabilizar el inventario.

d) Se puede observar a lo largo de las corridas que cuando el tiempo de entrega del proveedor para productos “A” es de ocho días en lugar de cuatro, el nivel de servicio ( el cual definimos e la sección 5.1.1) disminuye. Esto es patente, por ejemplo en la figura 5.3 en donde con los mismos datos de entrada excepto el tiempo de entrega, se obtienen niveles de servicio con diferencias hasta de 46 puntos porcentuales, lo cual puede resultar en una diferencia de ventas y utilidades importante y que pocas veces se visualiza.

e) Los niveles de servicio tienden a ser mayores para artículos “A” que para artículos “C”. Esto es totalmente lógico debido a que los artículos “C” tienen un mayor tiempo de reposición.

f) Otro aspecto a considerar observando estos ejemplos , es que si se van a tener inventarios de seguridad bajos, no se pueden tener tiempos de entrega altos y menos aún niveles de confianza de Qs bajos, pues esto resultaría en un desastre.

g) También podemos decir que para productos “A” especialmente, podemos mantener niveles de servicio aceptables y tiempos de entrega amplios, siempre y cuando el inventario de seguridad sea tan amplio como el tiempo de entrega.

h) En los artículos “A” con tiempos de entrega bajos tenemos un margen de maniobra amplio para bajar de inventario de seguridad sin que pese mucho el valor del nivel de confianza de Qs. Como una de las primeras conclusiones y casi como una política quedaría establecido que para artículos “A” deberá negociarse con los proveedores tiempos cortos de entrega. En caso de no lograrlo habrá que incrementar el inventario de seguridad y mantener niveles bajos de Qs.

i) En los artículos “C” con tiempos de entrega amplios y en menor escala en los de tiempos de entrega cortos, influye más el nivel de confianza de Qs debido a la variabilidad que se puede presentar a lo largo de todos esos días (tiempo de entrega más el tiempo entre órdenes o factor  $m$ ), por lo que habrá que mantener el nivel de confianza de Qs con valores cercanos al 100% o en su defecto establecer niveles de inventario de seguridad equivalentes al período mencionado ( $Te+m$ ).

j) En los artículos “A” se genera una orden de compra prácticamente cada día. Esto puede parecer descabellado si no consideramos que esta clase de artículos representan aproximadamente el 15% del número total de artículos del inventario. Más aún, la serie de demanda de los ejemplos de las figuras 5.2. a 5.5, está tomada de uno de los artículos con mayor demanda en el negocio, por lo que este tipo de reabastecimientos tan frecuente sólo se dará en unos cuantos artículos. También cabe señalar que la labor de emisión de órdenes de compra puede simplificarse en gran medida con la utilización de un sistema de cómputo que nos permita juntar todas las partidas de un día de un mismo proveedor en una sola orden de compra que podría ser transmitida vía EDI o simplemente por internet al proveedor en cuestión.

k) Casi en ningún caso se presentó el hecho de que un artículo que tuvo un saldo negativo en una semana dada, siguiera con saldo negativo a la semana siguiente, por lo que podemos decir, para estos ejemplos, el tiempo de entrega a clientes (en el peor de los casos) no fue mayor a una semana, lo que en el ramo resulta competitivo. Esto último, claro, considerando la disponibilidad de mercancía como único factor para la entrega a tiempo. Cabe señalar, que actualmente el tiempo de entrega llega a ser hasta de diez día hábiles con un promedio cercano a los cinco días.

l) En estos casos analizamos sólo artículos "A" y artículos "C". Y lo hicimos así para ejemplificar el comportamiento del modelo en las dos situaciones extremas de nuestro escenario. Podemos decir que los artículos "B" estarán en una posición intermedia en la que ciertamente habrá que cuidar los tiempos de entrega de los proveedores, pero al ser artículos que se resurten cada seis días, habrá que cuidar un poco más que los artículos "A" el aspecto del nivel de confianza de Qs sin llegar al extremo de tener tanto peso como en los artículos "C".

## **5.5. Costos y beneficios**

En el apartado anterior se han destacado una serie de aspectos relativos a la simulación del modelo, sin embargo, al extrapolar los resultados a la operación real podemos esperar una serie de costos y beneficios de implantación y operación del sistema.

### **5.5.1. Costos de implantación y operación**

Inicialmente podemos considerar los siguientes rubros con sus respectivos costos estimados de implantación y operación:

---

**Tabla 5.3. Costos**

---

Concepto	Costo de implantación
Capacitación	\$ 15,860.00
Programación	\$19,800.00
Computadora, red y comunicaciones	\$450,000.00
Total	\$485,660.00

Concepto	Costo mensual de operación
Gerentes de compras	\$810,000.00
Consumibles y energía	\$ 2,000.00
Soporte técnico	\$ 3,250.00
Mantenimiento de catálogos	\$16,200.00
Total	\$831,450.00

---

Todos estos conceptos se calcularon de la siguiente manera:

- a) Capacitación: Se llevará a cabo a través de la red privada ya instalada en la Organización por medio de un programa llamado Net Meeting. El costo de uso de la red es una renta fija, por lo que en realidad el costo estará dado por el costo del tiempo de la persona que dará la capacitación más el tiempo de la persona que la recibirá (capacitación a treinta sucursales durante medio día cada una a un costo de \$450.00 pesos por día más el costo del tiempo de la persona que estará impartiendo la capacitación calculado en \$360.00 pesos por día da un total de \$13,860.00 pesos). Si agregamos el costo de impresión y envío de manuales (\$2,000.00 pesos), nos da un total de \$15,860.00 pesos.

- b) Programación: Estimamos un tiempo de programación de 2 meses incluyendo pruebas e instalación. Un programador tiene un costo de \$19,800.00 pesos mensuales, y estimamos que le estará dedicando la mitad de su tiempo durante estos dos meses, por lo que el costo será de \$19,800.00 pesos.
  
- c) Computadora, red y comunicaciones: Estamos considerando que para este proyecto será suficiente con instalar una computadora personal con un procesador de 800Mh y 128 Mb en RAM conectada a la red privada y con acceso a internet. El costo de la computadora, así como la instalación del nodo de red está calculado en \$15,000.00 pesos por sucursal, por lo que en total se invertirían \$450,000.00 pesos.
  
- d) Nómina: Básicamente nos referimos al costo de la persona que estará operando el sistema como parte de las funciones del nuevo puesto de gerente de compras. Inicialmente lo estamos proponiendo en \$27,000.00 pesos mensuales.
  
- e) Consumibles y energía: Aquí calculamos que el costo mensual de estos conceptos no debe superar los \$2,000.00 pesos mensuales.
  
- f) Soporte técnico: Estamos considerando que corporativamente habrá una persona que dará soporte técnico a las 30 sucursales calculando que cada sucursal requiera de un soporte semanal de 30 minutos, nos dará un total de 65 horas mensuales de soporte, que tendrían un costo en nómina de \$3,250.00 pesos (considerando un auxiliar con costo mensual de \$12,000.00 pesos).

- g) **Mantenimiento al sistema:** Como sabemos, el éxito de todo sistema, depende de la calidad de la información con la que se esté alimentando. Es por esto que consideramos necesario contratar a nivel corporativo una persona que se dedique de tiempo completo a recopilar y mantener actualizado el catálogo de proveedores y artículos en cuanto a tiempos de entrega, clasificación de productos, claves, altas, bajas y cambios con miras a este sistema. Esto representaría un costo mensual de \$16,200.00.

### **5.5.2 Beneficios esperados**

Desde el momento de la implantación, el sistema reportará una serie de beneficios que podemos desglosar de la siguiente manera:

- a) Reducción de inventario
- b) Incremento del nivel de servicio
- c) Reducción de los costos de operación

Respecto a la reducción de inventario decidimos efectuar una corrida en una muestra de diez artículos con datos de demanda reales a lo largo de un trimestre, para observar su comportamiento bajo el esquema del sistema propuesto. Los resultados los presentamos en la tabla 5.4. Podemos comentar que actualmente el promedio a nivel nacional es de 32 días de inventario y como podemos observar, con este algoritmo es posible mantener niveles de inventario de 15 días como promedio ponderado. Esto implica un diferencial de 17 días.

Con ventas anuales de 9,451 millones de pesos, la venta diaria promedio será de 30.29 millones de pesos (considerando 312 días de venta al año). Esto significa, que cada día que logremos bajar de inventario representará 30.29 millones de pesos menos de inversión en mercancía.

**Tabla 5.4.** Corridas con datos reales

Corrida	Tipo de artículo	Inventario Inicial	Te	Qs	Is [días]	Días de Inventario promedio	Nivel de Servicio
1	A	82	4	70%	2	10.91	93%
2	A	39	3	70%	2	10.79	94%
3	B	73	4	90%	5	12.52	100%
4	B	85	3	90%	5	11.61	100%
5	B	27	4	90%	5	10.42	97%
6	C	42	6	100%	6	16.19	100%
7	C	28	6	100%	6	20.60	100%
8	C	0	8	100%	6	35.01	37%
9	C	33	8	100%	6	25.11	100%
10	C	15	8	100%	6	35.31	97%

Al hablar de una reducción promedio de 17 días de inventario, estamos diciendo que la reducción de inversión será de 514.93 millones de pesos  $((32-15) \times 30.29)$ . Son 514 millones de pesos en flujo de efectivo, que en primera instancia puede ser aplicada a prontos pagos o a inversiones.

Pero en general podemos decir que el beneficio de aplicar el control de inventarios representará esta cantidad multiplicada por la tasa de CETES vigente a esta fecha (7% anual). Es decir, el beneficio esperado será de  $514.93 \times 0.07$ . Esto representa 36.04 millones de pesos al año (3.0 millones de pesos mensuales). Este beneficio se estaría viendo reflejado aproximadamente a los treinta días de empezar a aplicar el sistema.

Si restamos los costos de operación mensual al beneficio esperado (3.0 millones menos \$831,450.00 pesos) obtendremos un beneficio neto de 2.17 millones de pesos mensuales que se aplicarían a las utilidades. Estos resultados los resumimos en la tabla 5.5.

---

**Tabla 5.5. Beneficios esperados**

---

Ventas anuales	\$9,451,000,000.00
Venta diaria promedio	\$30,291,666.67
Diferencial en días	17
Diferencial de inventario	\$514,958,333.33
Tasa CETES	7%
Rendimiento mensual	\$3,003,923.61
Costo mensual	\$831,450.00
Beneficio mensual	\$2,172,473.61

---

Otro beneficio esperado está en la reducción de los faltantes. Actualmente estamos en niveles de 17%. Esto representa ventas perdidas. Como pudimos observar nosotros podemos llegar a manejar niveles de faltantes del 5 %, esto representaría un incremento directo en ventas del 12% sin considerar el intangible incremento en ventas producto de la mejor percepción del cliente respecto a la disponibilidad de mercancía.

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

Tomando como base lo expuesto en esta tesis podemos concluir lo siguiente:

1.- Las condiciones de los mercados han cambiado exponencialmente en los últimos años y lo seguirán haciendo en un futuro como resultado del desarrollo de las comunicaciones, los servicios y la globalización.

2.- Lo dinámico de los mercados nos obliga a establecer métodos científicos que nos auxiliien en la toma de decisiones.

3.- Dichos métodos o modelos deben ser diseñados para producir un resultado deseado con base en ciertas condiciones reales.

4.- Actualmente el factor tiempo se ha tornado uno de los aspectos más importantes a considerar en el diseño de cualquier sistema, por lo mismo un sistema de control de inventarios debe ser lo suficientemente ágil y flexible para responder con rapidez a las necesidades cambiantes del mercado.

5.- De igual forma los procesos están requiriendo de personas capaces y visionarias que apliquen en forma correcta los modelos como herramienta para cumplir de manera exitosa con sus responsabilidades.

6.- El modelo expuesto en esta tesis está diseñado considerando las condiciones especiales de la empresa en cuestión y no debe ser interpretado fuera de este contexto.

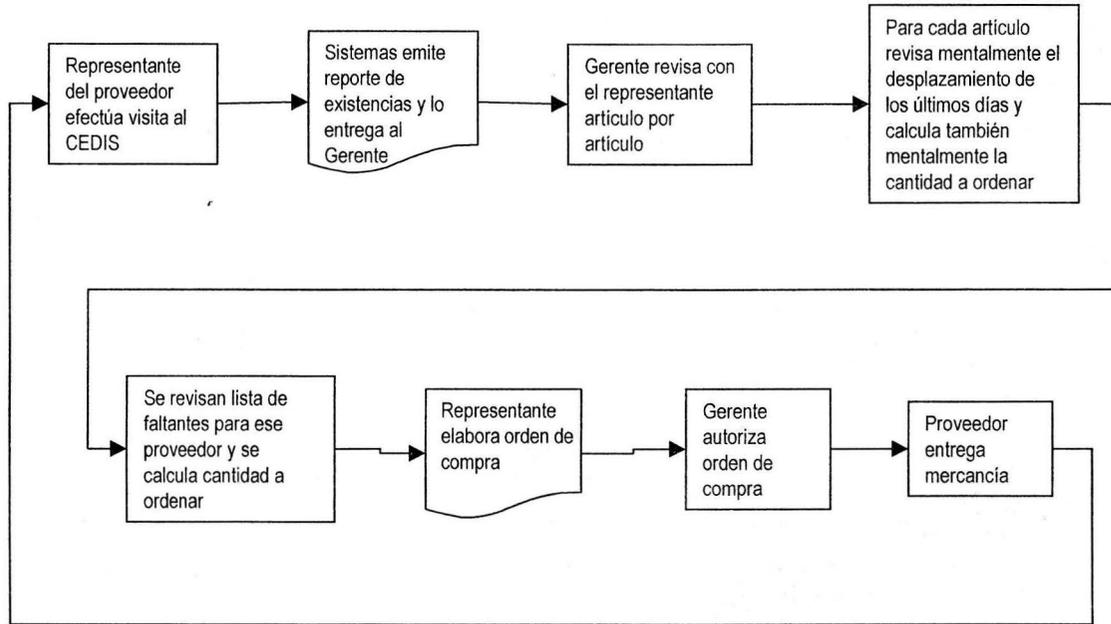
7.- Como se vio en su oportunidad, la aplicación del sistema resultará en beneficios notables para la compañía y deberá ser aplicado inicialmente en un programa piloto que nos ayude a efectuar ajustes para la instalación definitiva.

8.- El sistema deberá contar con una serie de elementos de apoyo para lograr un rendimiento óptimo.

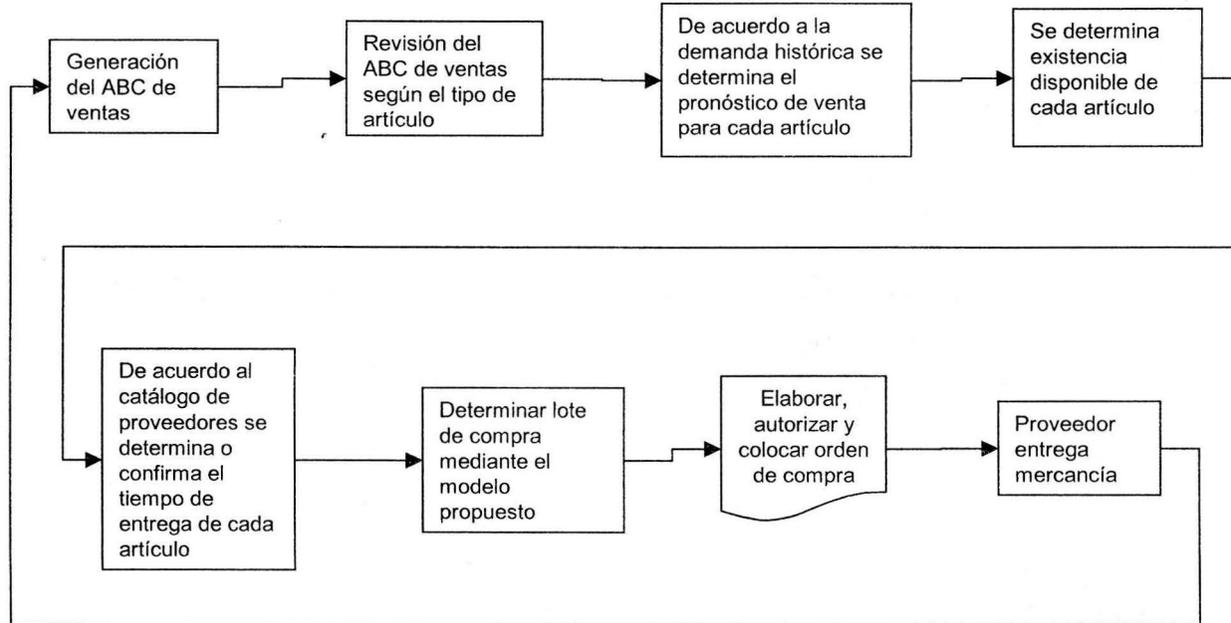
9.- No pretendemos que los resultados producidos por el sistema se conviertan en parámetros rígidos que deban ser seguidos de manera estricta. Lo deseable es que sirva sólo como una herramienta para el departamento de compras y control de inventarios. Buscando una analogía válida, se busca que el sistema sirva como una especie de “piloto automático” que agilice la toma de decisiones en situaciones normales. Circunstancias especiales como aumento de precios, promociones, etc. deberán ser evaluados por el gerente de compras para actuar en consecuencia.

10.- Esta exposición es sólo un pequeño esfuerzo orientado a lograr algunas mejoras en una empresa en un sector muy específico de la industria mexicana tan golpeada y deprimida en los últimos años. Creemos que con pequeños esfuerzos como éste, bien pensados y estudiados y logrando una sinergia en todos los sectores industriales, comerciales, y agropecuarios, podremos dar un gran paso para iniciar un verdadero cambio en la vida de los mexicanos; y aún así quedará mucho por hacer, sobre todo en el sector educativo tan carente de calidad y de valores. Sin embargo, esperamos que esta tesis sirva, aunque sea en una fracción muy pequeña para lograr un verdadero país de modernidad y progreso.

## Anexo 1 : Proceso actual de compra en Centros de Distribución



## Anexo 2 : Proceso propuesto



## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

1. MERCADO, Salvador, Compras: Principios y Aplicaciones.
2. HADLEY G., Analysis of inventory systems.
3. GARCÍA CANTÚ, Alfonso, Planeación y control de Inventarios
4. HILLER, Frederick S. y LIEBERMAN Gerald J., Introducción a la investigación de operaciones.
5. CHAO, Lincoln L., Statistics for management.
6. VOLLMAN, Thomas E. Y BERRY, William L., Manufacturing planning and control systems.
7. COS BU, Raúl. , Simulación: un enfoque práctico.
8. ALJIAN, George W., Manual de compras.