

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION
Y DIRECCION DE EMPRESAS



DEFINICION DE LA METODOLOGIA DE
ADMINISTRACION DE INVENTARIO PARA UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO
EN DIRECCION PARA LA MANUFACTURA

POR:

CRISTOPHER CHACON RENDON

JULIO, 2008

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION
Y DIRECCION DE EMPRESAS



DEFINICION DE LA METODOLOGIA DE
ADMINISTRACION DE INVENTARIO PARA UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO
EN DIRECCION PARA LA MANUFACTURA

POR:
CRISTOPHER CHACON RENDON

JULIO, 2008

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

**ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN
Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**



**DEFINICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DE
INVENTARIO PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA.**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN DIRECCIÓN PARA LA MANUFACTURA**

**POR:
CRISTOPHER CHACÓN RENDÓN**

JULIO DEL 2008

Agradecimientos

A Dios principalmente por todas las cosas buenas que me ha dado.

A mis Padres por su infinito apoyo, cariño y educación, ya que son parte fundamental de mi vida, en verdad muchas gracias.

A mi esposa, quien me ha ayudado a cumplir mis sueños, te amo.

También agradezco profundamente al Dr. Jorge Limón por el tiempo invaluable y dedicación en este proyecto.

Al Ing. Alfredo Moreno por apoyarme y guiarme durante la realización de esta investigación.

Resumen

La investigación surge de la necesidad de integrar una metodología que logre definir una estrategia de manejo de inventario para una empresa comercializadora con una alta variedad en productos y una alta variabilidad en su demanda.

La primera parte de la investigación presenta el marco teórico sobre el cual descansan las teorías que han de aplicarse para conformar una política de administración bajo ciertas características específicas, algunas dictadas por la empresa y otras dictadas por el entorno donde se desarrolla la empresa.

La aplicación se trabajó sobre un esquema de un sistema revisión continua con punto de reorden y nivel máximo de inventario, comúnmente conocido como sistema (s, S). La definición de la metodología y la aplicación se realizaron a la par, obteniendo en cada paso un conjunto de conclusiones y recomendaciones.

El objetivo del estudio era mostrar la relación de las variables que interfieren en el desarrollo de una estrategia de administración de inventario, y al final, cada una de las recomendaciones y aprendizajes, muestran las dificultades que existen cuando se desea relacionar las teorías entre sí y con los casos específicos. El aprendizaje mas grande de esta investigación, y sobre lo que se centró cada una de las fases que se iban desarrollando en la metodología, es aprender a minimizar el error.

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 3 |
| 1.1 Antecedentes de los conceptos..... | 3 |
| 1.2 Antecedentes de la problemática..... | 3 |
| 1.3 Contexto de la investigación..... | 3 |
| 1.4 Justificación..... | 4 |
| 1.5 Planteamiento del problema..... | 4 |
| 1.6 Objetivos..... | 4 |
| Objetivo General..... | 4 |
| Objetivos Específicos..... | 4 |
| Preguntas de investigación..... | 5 |
| 1.7 Hipótesis..... | 5 |
| 1.8 Definición de variables..... | 6 |
| 2. Marco Teórico..... | 7 |
| 2.1 Introducción..... | 7 |
| 2.2 Variables críticas que afectan una política de inventario..... | 7 |
| 2.2.1 Segmentación del inventario..... | 8 |
| 2.2.2 Nivel de Servicio..... | 11 |
| 2.2.3 Vueltas de Inventario..... | 12 |
| 2.2.4 Volumen físico del producto..... | 12 |
| 2.2.5 Tiempos de entrega..... | 13 |
| 2.3 Pronóstico de demanda..... | 13 |
| 2.3.1 Suavizamiento Exponencial Lineal..... | 14 |
| 2.3.2 Suavizamiento Exponencial de Holt (Serie de Tiempo)..... | 15 |
| 2.3.3 Suavizamiento Exponencial Estacional de Winters..... | 15 |
| 2.3.4 Promedio Móvil Simple (Serie de Tiempo)..... | 16 |
| 2.4 Estrategia de administración de Inventarios..... | 17 |
| 2.4.1 Cantidad a ordenar..... | 18 |
| 2.4.2 Inventario de Seguridad..... | 20 |
| 3. Metodología Propuesta..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Clasificación de productos por costo y frecuencia de venta | 24 |
| 3.2 Especificación del nivel de servicio para cada clasificación. | 27 |
| 3.3 Definición de estrategia de administración de inventarios | 32 |
| 3.3.1 Tipo de estrategia de administración de inventario | 32 |
| 3.3.2 Método de pronóstico | 33 |
| 3.3.3 Inventario de seguridad | 37 |
| 3.3.4 Punto de reorden | 40 |
| 3.3.5 Cantidad a ordenar | 41 |
| 3.4 Validación y análisis de la metodología a través de la simulación..... | 42 |
| 3.5 Confirmación o rechazo de las hipótesis. | 45 |
| 4. Conclusiones, recomendaciones e implicaciones | 46 |
| 5. Anexos | 49 |
| Anexo 1. Tabla de la Distribución Normal..... | 49 |
| Anexo 2. Tabla de la Distribución Poisson | 51 |
| 6. Índice de Tablas..... | 52 |
| 7. Referencias o bibliografía | 53 |

1. Introducción

1.1 Antecedentes de los conceptos

La variable del tiempo de entrega como diferencial competitivo en varios sectores comerciales, la presión de disminuir el costo para mejorar las finanzas de la compañía y la capacidad de responder ante una demanda cambiante son el motivo por el cual es necesario mantener existencias.

Los inventarios son un ejercicio práctico de las capacidades de previsión y una de las piedras angulares sobre las que descansan los más productivos y eficientes esquemas de planeación actual. El objetivo de toda administración de inventario es la de obtener niveles satisfactorios de servicio al cliente mientras se mantienen los costos de inventario dentro de parámetros razonables. (Stevenson, 2002)

Determinar los niveles de inventario óptimos se ha convertido en una tarea muy difícil y el resultado ha sido que aún y con sistemas de MRP y ERP sofisticados, las compañías guardan inventarios muy altos sin lograr los niveles de disponibilidad deseados.

1.2 Antecedentes de la problemática

Basado en los estudios que se han realizado respecto al manejo de inventarios, es común que dejen ambigua la conexión entre los parámetros que influyen al momento de generar una administración de inventario para satisfacer un nivel de servicio hacia el consumidor final y un retorno de inversión deseado por la compañía.

La problemática se encuentra bajo el entorno de una compañía comercializadora que compite en un mercado altamente segmentado y con una alta variedad de productos, aquellos considerados de alto movimiento y que se desean mantener disponibles en todo momento o bien aquellos de lento movimiento donde la ventaja competitiva está en la disponibilidad o rápida entrega de los mismos.

1.3 Contexto de la investigación

La investigación se basa en la relación de un conjunto de teorías que da como resultado una metodología para la administración de inventarios. El resultado de ésta se midió a través de la aplicación en una empresa comercializadora de la localidad.

1.4 Justificación

El presente estudio surge de la necesidad de clarificar y definir una política de inventario que pueda ser estructurada tomando en cuenta los factores que influyen al momento de decidir cuándo un producto entra en inventario, en qué cantidad y cómo debe ser su revisión para reordenamiento.

La estructura de la investigación plasma una metodología que sea funcional para la empresa distribuidora en tema y permita una guía fácil de seguir para los administradores sobre cómo manejar y controlar los inventarios pensando en satisfacer un nivel de servicio al cliente y un retorno de inversión para la compañía. El resultado, podría ser aplicado a otros sectores que presenten un problema similar.

1.5 Planteamiento del problema

Considere una empresa comercializadora que maneja más de 35000 productos y que requiere mantener un nivel de servicio preestablecido con el mayor número de vueltas de inventario posible. La pregunta a responder en el presente trabajo es: ¿Qué metodología se puede seguir para definir la estrategia de administración de inventario que resulte en el nivel de servicio y vueltas de inventario deseados, basada en las variables críticas que repercuten en una empresa distribuidora?

1.6 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una investigación que permita proponer una metodología para el desarrollo de una estrategia de administración de inventarios que resulte en el nivel de servicio y vueltas de inventario preestablecidos por una compañía.

Objetivos Específicos

1. Proponer las variables críticas que afectan una política de inventario.

2. Clarificar para cada segmentación de inventario las mejores prácticas de administración y control de inventario.
3. Desarrollar una metodología para obtener una estrategia de administración de inventario enfocada al nivel de servicio y vueltas de inventario.
4. Aplicar la metodología desarrollada a una compañía comercializadora.

Preguntas de investigación

Las preguntas que se desean contestar con esta investigación son:

- ¿Qué factores se consideran críticos en el establecimiento de una política de inventario en una empresa distribuidora?
- ¿Qué metodología se recomienda implementar para obtener una política de inventarios óptima dirigida a obtener un nivel de servicio y vueltas de inventario deseados en una empresa distribuidora?
- ¿Cuál es la mejor combinación de teorías aplicadas para generar una política de inventario óptima de acuerdo a las necesidades de un caso específico en una empresa distribuidora?

1.7 Hipótesis

La investigación responderá a las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1. Hi: La metodología logra crear una estrategia de administración de inventario que muestra la relación entre el nivel de servicio deseado y las variables independientes propuestas en la investigación.

Hipótesis 2. Hi: La aplicación de estrategia de administración de inventario logra obtener el nivel de servicio deseado por una empresa dentro del rango estipulado por la misma.

Hipótesis 3. Hi: La aplicación de la metodología logra mejorar los resultados reales de la empresa.

Estas, lograrán confirmar el objetivo de la investigación y plasmar de manera práctica la operación de la metodología.

1.8 Definición de variables

Las variables que influyen en la presente investigación son las siguientes:

Variables Dependientes:

- Nivel de Servicio al cliente

Variables Independientes:

- Segmentación del inventario
- Nivel de Servicio deseado para cada clase
- Vueltas de inventario
- Volumen físico del producto
- Tiempos de entrega
- Pronóstico de demanda
- Cantidad a ordenar
- Inventario de seguridad
- Punto de re-orden

2. Marco Teórico

2.1 Introducción

Día a día las empresas requieren de una o varias ventajas competitivas para enfocar sus estrategias de mercado. En muchas de las compañías distribuidoras, la ventaja está basada en minimizar los costos de logística y dejar que las necesidades del cliente guíen los cambios requeridos en el canal de distribución y así mejorar el nivel de servicio, incrementando la utilidad de la empresa.

Una de las necesidades primarias de la administración de la presente década es enfrentar un ambiente crecientemente incierto. Russ Broeckelmann menciona en su libro "All Inventory is not Created Equal..." (1999) que ni la mas sofisticada técnica de pronóstico reducirá los resultados insatisfactorios si no se utiliza en conjunto con un método efectivo de clasificación de inventario y un sistema de retroalimentación y control que permita el mantenimiento dinámico de los parámetros del inventario.

Es entonces clara la necesidad de especificar en cada empresa una política de inventario que pueda ser estructurada en base a los factores que influyen los métricos de nivel de servicio y vueltas de inventario, las dos variables que, como se comentó anteriormente, se consideran ventajas competitivas para el incremento de la utilidad de la empresa.

2.2 Variables críticas que afectan una política de inventario

Algunas de las variables más mencionadas a lo largo de los libros y artículos que hablan sobre la administración de operaciones y la planeación de inventarios se refieren a temas separados que pocas veces se ven relacionados en la misma bibliografía y por lo tanto no manejan un mismo objetivo.

Para un manejo efectivo de requerimientos de inventario, Stevenson (2002) afirma que se deben de contemplar las siguientes tareas en la administración:

- Un sistema de rastreo de inventario para el inventario disponible y el ordenado.

- Un pronóstico confiable de la demanda que incluya la medición del posible error del pronóstico.
- Conocimiento de los tiempos de entrega y de la variabilidad de los mismos.
- Un sistema de segmentación de inventario.

Algunas otras variables que se consideran como críticas en esta investigación al momento de desarrollar la planeación completa de un inventario son:

- Nivel de Servicio deseado
- Volumen físico del producto
- Inventario de seguridad
- Punto de reorden
- Cantidad a ordenar
- Punto máximo de inventario

2.2.1 Segmentación del inventario

Un aspecto importante en la administración de un inventario es entender que no todos los productos que se mantienen en inventario tienen la misma importancia desde el punto de vista de satisfacción al cliente, del volumen de ventas y del retorno de inversión, esto es dado que la compañía posee recursos limitados y por lo tanto el esfuerzo de administrar no puede ser el mismo para todos los productos, sobre todo cuando estamos hablando de cientos o miles de ellos.

Uno de los autores que ha escrito sobre las ventajas y desventajas de utilizar diferentes tipos de segmentación de inventario es Broeckelmann, de quien se basó este capítulo para estudiar la forma útil que de un buen resultado para segmentar un inventario. En su libro "All Inventory is not Created Equal... Inventory Classification innovation", el autor habla sobre las ventajas y desventajas de utilizar el método ABC (del cual da una explicación completa de su uso y ventajas) y propone la clasificación de "Type and Stock code", en la cual parte la segmentación en el tipo de producto (realiza la segmentación por medio de una clasificación de ABC) y en el código de producto, donde habla sobre especificar de acuerdo a la cadena de suministro hacia delante de dicho producto si debe o no permanecer en inventario para el caso de cadenas de distribución con varias sucursales.

Para el caso de estudio de esta investigación, se estudiará la primer parte de esta teoría de Broeckelmann, donde, el autor confirma que 9 diferentes categorías son suficientes para distinguir los diferentes tipos de productos de stock (le llama así a aquellos que poseen un historial de demanda suficiente para manejar un pronóstico) en una empresa y mantener aún sencilla su administración, el método es conocido como el método ABC (Broeckelmann, 1999), una técnica de “distribución por valor” que clasifica los productos, en un primer dígito, por su valor de demanda en costo unitario y en un segundo dígito, por la demanda real en transacciones durante un período seleccionado.

Tomando en cuenta la teoría de Broeckelmann , pero con una adecuación de la teoría de ABC habitual, de manera inicial, el primer dígito de la segmentación se realiza enlistando de manera ascendente por costo de venta la demanda histórica por ítem en los últimos 12 meses (de preferencia, este lapso de tiempo puede variar dependiendo de la antigüedad histórica de los productos), de tal forma que dividamos de manera acumulativa el 80% del costo de ventas en la sección de los productos conocidos como “A”, el siguiente 15% en los productos “B” y el último 5% del costo de ventas incluirá los productos “C”. Los productos “ A” por lo tanto son los productos de alto costo de venta y los “C” los de bajo costo de venta.

La segunda parte es dividir cada una de las clasificaciones que se realizaron por cantidad de transferencias en un período determinado (el período debe corresponder al adecuado según el ciclo de vida de los productos que maneja la empresa), intentando siempre obtener categorías de productos con categorías de planeación similares. En este punto, la división por sub categorías en alto, medio y bajo movimiento se realizará pensando en obtener cierto rango de vueltas de inventario que desea obtener la empresa. (Broeckelmann, 1999)

Las vueltas de inventario que se esperan obtener por cada categoría ciertamente dependen de la industria en la que se esté trabajando, pero la siguiente tabla muestra un estimado de lo que se espera obtener (Broeckelmann, 1999). La tabla se puede interpretar como el retorno sobre la inversión que espera la empresa obtener con el modelo de inventario que se está creando, y de no ser suficiente para mantener la rentabilidad de la compañía será necesario replantearse metas mayores que conllevarán a ajustes en otras variables.

| | | | |
|---------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Alta demanda | $60 > DI$ | $60 > DI$ | $60 > DI$ |
| Media demanda | $60 < DI < 360$ | $60 < DI < 360$ | $60 < DI < 360$ |
| Baja demanda | $DI > 360$ | $DI > 360$ | $DI > 240$ |
| | Bajo Costo de venta | Medio Costo de venta | Alto Costo de venta |

$DI = \text{Días de Inventario} = 365 / \text{Vueltas de Inventario anualizadas}$

Broeckelmann (1999) propone que la división de demanda para cada categoría de costo se realice con un tacto subjetivo por parte del responsable, sin embargo, la manera matemática de hacerlo es obteniendo la distribución normal de la categoría en número de transacciones por ítem. Los productos de medio movimiento serían aquellos dentro de la media mas/menos una desviación estándar, lo que incluiría el 68.25% de los productos, el resto hacia arriba se considerarían de alto movimiento y el resto hacia abajo se considerarían como bajo movimiento (Este proceso se puede seguir también para conseguir la segmentación por costo).

Otros segmentos que propone Broeckelmann (1999) para los productos cuya demanda aún no genera un historial que permita desarrollar un pronóstico confiable son:

(N) Productos Nuevos: Productos con menos de 12 meses de demanda histórica (el período puede variar dependiendo del ciclo de vida del producto)

(X) Productos Descontinuados: Productos con más de 12 meses sin ventas.

(T) Productos Temporales: Productos de una sola venta.

(W) Productos de Garantía: Productos utilizados sólo para garantía.

(E) Productos de intercambio: su sigla por su nombre en inglés "Exchange"

(D) Productos de depósito: Contenedores, entre otros.

Es importante resaltar que la teoría de Broeckelmann se utilizó como base para la explicación de la estratificación mencionada en este capítulo, sin embargo es sólo una parte de toda la teoría expuesta que se conforma de la teoría de ABC original y la teoría de Broeckelmann.

2.2.2 Nivel de Servicio

Enfocar la estrategia de una compañía en la satisfacción del cliente complica la administración del inventario pues la disponibilidad de producto se convierte en una variable distintiva con la competencia.

El concepto de nivel de servicio desea mostrar la disponibilidad de productos en el momento en el que el cliente lo requiera (según una oferta de servicio previamente definida) en la cantidad que lo requiera y en la localidad que lo requiera. (Broeckelmann, 1999, p. 28)

La manera de obtener el nivel de servicio en órdenes de un producto es mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de Servicio} = 1 - (\text{Cantidad de órdenes en backorder} / \text{Cantidad de órdenes colocadas por clientes})$$

Nota: Backorder significa una orden compuesta por una o más líneas, tuvo al menos línea que no pudo ser surtida de manera completa de inmediato por falta de disponibilidad en inventario.

La manera de obtener el nivel de servicio en líneas de un producto es mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de Servicio} = 1 - (\text{Cantidad de líneas en backorder} / \text{Cantidad de líneas colocadas por clientes})$$

El nivel de servicio deseado por una empresa está ligado a la probabilidad de que un producto se venda en la localidad de estudio en cierta cantidad. De acuerdo a un historial de venta, desear un 95% de nivel de servicio significa poder surtir un 95% de las veces demandada la cantidad deseada por los clientes en el momento del pedido. La tabla de distribución normal se utiliza para obtener el valor de “z” según el nivel de servicio que se desea obtener (generalmente, a menor riesgo deseado, mayor será el valor de “z”, ver Anexo 1). (Stevenson, 2002)

El nivel de servicio, como se puede observar mas adelante en este trabajo, estará dado en base a la desviación estándar de la demanda multiplicada por el factor de servicio, así, de acuerdo a las tablas de la distribución normal, se requieren 1.70 desviaciones estándar para lograr un 90% de disponibilidad, o bien 2.3 desviaciones estándar para lograr un 99% de disponibilidad.

2.2.3 Vueltas de Inventario

El segundo objetivo de todo inventario, después del nivel de servicio hacia los clientes, es el de lograr una cantidad de vueltas de inventario, el cual posibilita a las empresas a compararse con otras compañías de diferentes tamaños en la misma industria y conocer qué tan eficientes son en el retorno de su inversión.

La disponibilidad mal planeada genera una inversión excedente en inventario, lo cual reduce la velocidad con la que el negocio convierte dicho activo en flujo. Las vueltas de inventario se obtienen de dividir el costo de los bienes vendidos anualizados entre el costo de inventario promedio anual. El radio que se obtiene indica cuántas veces al año el inventario es vendido. (Stevenson, 2002)

El costo de ventas se pueden obtener utilizando la siguiente fórmula:

CV = Costo de venta de inventario

CI_I = Costo de inventario al inicio del período

CI_F = Costo de inventario al final del período

CC = Costo de compras de inventario

$$CV = CI_I + CC - CI_F$$

Por lo tanto,

VI = Vueltas de inventario

CV = Costo de venta de inventario

CI = Costo de inventario promedio del período

$$VI = CV / CI$$

Los costos de estas fórmulas se deben de mantener en las mismas unidades.

2.2.4 Volumen físico del producto

Aunque el espacio que un producto ocupe en el almacén no debe de afectar el pronóstico de venta del mismo, sí puede afectar la rotación que deseemos de dicho producto dada una restricción de espacio.

Existen diferentes clasificaciones que se utilizan también al momento de planear, entre ellas están si el producto puede clasificarse como "bin", que incluye a aquellos

productos muy pequeños o medianos que caben en un espacio de aproximadamente 80 x 80 x 90 centímetros de largo, ancho y alto respectivamente (estas consideraciones de dimensiones cambian de empresa a empresa); la segunda clasificación es como “bulk”, donde son productos que normalmente deban ser guardados utilizando tarimas; por último tenemos los productos especiales, donde entran productos con dimensiones o formas especiales y que requieren un área mayor, o bien, que tienen consideraciones para su almacenamiento como pudieran ser caducidad, manejo especial, entre otros.

2.2.5 Tiempos de entrega

Se define tiempo de entrega del proveedor como el tiempo total requerido para completar una unidad de un producto o servicio, comenzando su medición desde que se coloca una orden al proveedor o inicia la producción, hasta que se entrega en el punto acordado (Winston, 2004).

Normalmente, hay dos dimensiones que se atacan en esta variable, una de ellas es la disminución de tiempo de entrega, de tal forma que se pueda reaccionar rápido ante un desabasto de producto, y la otra es la entrega a tiempo, refiriéndose a la entrega en el tiempo acordado con el proveedor, no antes ni después.

2.3 Pronóstico de demanda

Una de las razones de ser del inventario es asegurar el surtido de un producto ante una demanda incierta. A más incertidumbre, más inventario. Por lo tanto, toda estrategia de inventarios debe estar basada en un plan de demanda que exista como proceso formal dentro de la compañía.

Debido a que los métodos cuantitativos basan sus pronósticos en extrapolaciones de patrones e interrelaciones pasados, tienen buenos resultados solamente cuando el futuro es similar al pasado o cuando sucede que los cambios (por casualidad) se eliminan. Entre más homogéneos sean los datos (permaneciendo todo lo demás igual), más exactos serán los pronósticos, de ahí la importancia de tener una buena segmentación del inventario y así obtener grupos de productos homogéneos. (Makridakis, 1998)

En la investigación se utilizarán métodos cuantitativos recomendados para corto o mediano plazo que se han desarrollado específicamente para el área de inventarios, requerimientos de materiales o ventas. Los métodos de predicción que se proponen como mejores prácticas en estos campos según Makridakis (1998) son los siguientes:

- a. Suavizamiento Exponencial Lineal (Serie de Tiempo)
- b. Suavizamiento Exponencial de Holt (Serie de Tiempo)
- c. Suavizamiento Exponencial Estacional de Winters (Serie de Tiempo)
- d. Promedio Móvil Simple (Serie de Tiempo)

Parece que hay tres condiciones que afectan la exactitud predictiva. Éstas son el horizonte temporal de predicción, el tipo de datos implicados y la medida de precisión aplicada. Makridakis y sus asociados (1983) dan a conocer que varios métodos funcionan consistentemente mejor o peor dependiendo de estas tres condiciones.

A continuación se presentan las fórmulas generales, ventajas y desventajas de los modelos cuantitativos más utilizados:

2.3.1 Suavizamiento Exponencial Lineal.

El objetivo de estos métodos es distinguir entre las fluctuaciones aleatorias y el patrón básico subyacente mediante el “Suavizamiento” (promedio) de los valores históricos. Esta técnica satisface el requerimiento de un esquema de ponderaciones que asigna la ponderación mayor a los valores observados más recientes y ponderaciones decrecientes a los valores más antiguos. La función está dada por el pronóstico anterior (F_t), el error del período anterior (e_t) y una constante de suavizamiento (α):

(F_t) = Pronóstico en período t

(α) = Constante de suavizamiento

(e_t) = Error del período t

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(X_t - F_t) \quad \text{ó} \quad F_{t+1} = F_t + \alpha e_t$$

Es evidente, que cuando α tiene un valor próximo a 1, el nuevo pronóstico incluirá un ajuste sustancial para cualquier error ocurrido en el pronóstico anterior.

El Suavizamiento Exponencial o los promedios móviles pueden utilizarse efectiva y económicamente cuando el patrón histórico de los datos se puede considerar como horizontal, es decir, no existe tendencia.

2.3.2 Suavizamiento Exponencial de Holt (Serie de Tiempo).

Reconoce explícitamente y toma en consideración la presencia de una tendencia, y básicamente divide la fórmula en dos partes, una donde indica la base del pronóstico y una más donde incluye la tendencia proyectada:

(F_t) = Pronóstico en período t

(α) = Constante de suavizamiento

(e_t) = Error del período t

S_t = Valor suavizado exponencial

β = Coeficiente de Suavizamiento

T_t = Tendencia suavizada en la serie de datos

$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha e_t = F_t + \alpha e_t$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Al final, el pronóstico del siguiente mes está dado por la sumatoria de estos dos valores, multiplicando la tendencia por el número de meses adelante que se desea pronosticar (m):

$$F_{t+m} = S_t + T_t m$$

2.3.3 Suavizamiento Exponencial Estacional de Winters.

Este método genera resultados semejantes a los del suavizamiento exponencial, según se ha analizado, pero tiene la ventaja extra de ser capaz de manejar datos estacionales. Se divide en tres ecuaciones, una para aleatoriedad, otra para tendencia y una última de estacionalidad:

S_t = Valor suavizado exponencial

(α) = Constante de suavizamiento

β = Coeficiente de Suavizamiento

T_t = Tendencia suavizada en la serie de datos

L = Duración de la estacionalidad (número de meses en un año)

I = Valor suavizado del factor estacional

X_t = Demanda real en período

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

Al final, el pronóstico del siguiente mes está dado por la interacción de estas tres variables y el número de meses adelante que se desea pronosticar (*m*):

$$F_{t+m} = (S_t + T_t m)I_{t-L+m}$$

Uno de los problemas que acompaña el uso del método de Winters consiste en determinar los valores de α , β y γ que minimizan la desviación media absoluta.

2.3.4 Promedio Móvil Simple (Serie de Tiempo).

El término *promedio móvil* se usa porque conforme cada nueva observación se encuentra disponible, se puede calcular un nuevo promedio y utilizarlo como pronóstico. Se define el pronóstico del siguiente período en base al promedio de las últimas *N* observaciones:

$$F_{t,1} = \text{promedio de } x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-N+1}$$

Una manera de encontrar qué *N* es la más óptima es encontrando el valor mínimo de MAD (por sus siglas en inglés Desviación absoluta media, el valor es una medición absoluta del error del pronóstico versus la venta real).

Se ha visto que cuando ocurren cambios sistemáticos de los patrones o relaciones establecidos, los modelos cuantitativos son de poco valor. Aquí es en donde el juicio humano es indispensable, lo importante es conocer las limitaciones y sesgos que este tipo de pronósticos tiene.

Existe otra fuente discrecional que es útil en el desarrollo de un pronóstico en el caso de una demanda en un mercado cambiante. El concepto de factor de la demanda se le llama a un factor que afecta directamente el pronóstico obtenido y que viene a responder en parte a lo que Makridakis menciona en su libro "Métodos de Pronósticos" (1998): "No se pueden predecir exactamente los sucesos especiales, las acciones o reacciones competitivas, las ventas de los nuevos productos, el inicio y la profundidad de las recesiones, los cambios de tendencias y las innovaciones tecnológicas".

El factor de la demanda puede estar dado entonces tanto positiva como negativamente en casos como: ingreso de productos, ingreso de un producto a una promoción, salida del mercado de un producto, entre otros sucesos que afectarán directamente la tendencia de venta que tenía el producto.

2.4 Estrategia de administración de Inventarios

El tiempo que ocurre entre dos momentos consecutivos donde se revisó el nivel de inventario de un producto, determina el intervalo de revisión con el que se debe manejar el inventario. Los modelos de inventario que permiten la colocación de un orden en cualquier momento se conocen como "modelos de revisión continua". Si la cantidad en inventario se revisa periódicamente y las órdenes se colocan de manera periódica, entonces el modelo se conoce como "modelo de revisión periódica". (Edward Silver, et al, 1998)

El periodo de revisión suele ser fijado por razones de índole práctico, relacionadas con las pautas temporales de gestión de la empresa, y por eso son tan frecuentes periodos de revisión semanales, quincenales, mensuales, trimestrales, etc. Sin embargo la fijación del periodo de revisión cabe relacionarla, buscando el óptimo, con el concepto de lote económico de compra (EOQ).

Puede suceder que el periodo de revisión coincida con una unidad de tiempo exacta (día, semana, mes, trimestre), si no fuera así, habrá que adecuar la revisión según el buen sentido común del responsable.

En adelante, se presentan la forma de obtener los parámetros para revisiones continuas, esto dado que existen algunas ventajas sobre el sistema de revisión periódica, entre ellas que provee de un nivel de servicio al cliente mas estable y requiere un menor inventario de seguridad, lo que se refleja en menores costos de manejo de inventario, esto porque no existe un período de revisión sobre el cual la empresa también tenga que guardar inventario. (Edward Silver, et all, 1998)

Solo aplicaremos el modelo de reaprovisionamiento periódico cuando sea muy difícil o caro (por cuestión de ordenamiento y seguimiento) realizar la revisión continua de los inventarios, o bien, cuando se desea tener un mayor control sobre la carga que estará llegando al almacén y tener una mejor programación de entregas. (Edward Silver, et all, 1998)

Dentro de los modelos de revisión continua, existe uno de ellos conocido como (s, S), asume una revisión continua y su re-abastecimiento se ejecuta cuando el valor de inventario baja del punto de reorden asignado (s). La cantidad a pedir es variable, pues se manda a pedir lo necesario para llegar al punto máximo de inventario.

2.4.1 Cantidad a ordenar

La cantidad a ordenar se ve afectada por algunos otros factores sobre los cuales se presentan algunas recomendaciones (Knod et all, 2001):

- Espacio: Si el producto se considera voluminoso, es preferible mantener la cantidad a ordenar pequeña y viceversa.
- Productos sustitutos: si un producto posee varios sustitutos que fácilmente puedan ser aceptados por el cliente en el caso de un desabasto, se puede mantener la cantidad a ordenar pequeña.
- Obsolescencia: En productos de alta tecnología, mantener grandes cantidades de ordenamiento puede también significar un alto costo de obsolescencia, por lo que se recomienda mantener una cantidad pequeña.
- Costo: Para ítems muy costosos, es mejor mantener una cantidad a ordenar lo mas pequeña posible y por el contrario, en productos de muy bajo costo, se puede llegar a manejar hasta un año de demanda para esta cantidad.

Uno de los modelos que se utilizan para obtener la cantidad a ordenar es el “Modelo EOQ” (cuyas siglas en inglés se dan por el nombre Economic Order Quantity), para el cual se consideran ciertas aseveraciones (Winston, 2004):

- Una orden, sin importar el tamaño en cantidades de la misma se coloca, incurre en un costo K constante.
- El tiempo de entrega para cualquier orden es cero (inmediato).
- El costo anual por unidad de mantener en inventario es igual a h . (Debe incluir solamente costos variables basados en niveles de inventario)
- Se define D como el número de unidades demandadas por año. Se define como una variable continua de distribución normal con media $E(D)$, varianza $var D$ y desviación estándar σ_D .
- El costo unitario de compra para un producto p no depende del tamaño de la orden. (No aplican descuentos por órdenes grandes, el costo por producto es fijo).

Dadas estas aseveraciones, el modelo EOQ determina una política de orden que minimiza la suma del costo a ordenar, costo de compra y costo de mantener en inventario (Winston, 2004):

K = Costo de ordenar

$E(D)$ = Media de demanda

h : Costo anual por unidad de mantener en inventario

$$EOQ = q \text{ óptima} = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$$

Una vez que el modelo obtiene la cantidad a ordenar, se puede obtener un punto de reorden óptimo basado en la variabilidad que existe en la demanda y en el tiempo de entrega obteniendo de acuerdo a dicha probabilidad de "backorder", el valor adecuado según la tabla de la probabilidad normal.

Cuando la demanda puede ocurrir en grupos mayores al unitario, es decir, que el inventario pueda caer por abajo del punto de reorden (R) en una sola unidad de tiempo, el modelo EOQ que plantea la q óptima como la cantidad a ordenar no es la mejor opción, pues la cantidad a ordenar siempre será la misma a pesar de haber bajado el punto exacto de reorden.

Para evitar el problema mencionado, y ligarlo al parámetro de vueltas de inventario, la cantidad a ordenar se puede obtener despejando de la fórmula de EOQ:

I = Inventario promedio

Q = Cantidad a ordenar

D = Demanda anual

SS = Existencia de Seguridad

VI = Vueltas de inventario anuales

$$I = Q / 2 + SS$$

$$VI = D / I$$

$$D / VI = Q / 2 + SS$$

$$Q = 2 (D / VI - SS)$$

Cuando Q nos da menor a cero, es porque el modelo no soporta las vueltas de inventario que se establecieron y mantener el nivel de servicio deseado.

Para cerrar esta sección, solamente falta comentar sobre el punto máximo de inventario que va relacionado a la cantidad a ordenar y se refiere al nivel de inventario máximo posible. Se calcula sumando la cantidad a ordenar más el punto de reorden.

2.4.2 Inventario de Seguridad

El inventario de seguridad se define como el volumen de inventario que se maneja en exceso de la demanda esperada (Chase, 2006). Un enfoque común es que la compañía simplemente determine mantener, en forma de existencias de reserva suficientes suministros para cierta cantidad de semanas. Sin embargo, es más aconsejable usar un enfoque que abarque las variaciones de la demanda. (Chase, 2006)

Para el caso descrito en esta investigación, suponemos que la demanda a lo largo de un periodo está distribuida normalmente con una media y una desviación estándar. Para determinar la probabilidad de un desabasto dentro de un periodo de tiempo, sólo es necesario multiplicar la desviación estándar de uso durante el tiempo de entrega del producto (σ_T) por el número de desviaciones estándar para una función normal específica de servicio deseado (z).

σ_T = Desviación estándar de uso en el tiempo de entrega

σ_D = Desviación estándar de la demanda

$$\text{Existencia de Seguridad} = (\sigma_T)(z)$$

$$\text{Existencia de Seguridad} = (\sigma_D)(\sqrt{\text{Tiempo entrega}})(z)$$

La desviación estándar de la demanda diaria está dada por:

$$\sigma_d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_i - d)^2 / n}$$

Como σ_d se refiere a un día, si el tiempo de entrega dura varios días, entonces podemos aplicar la premisa estadística de que la desviación estándar de una serie de eventos independientes es igual a la raíz cuadrada de la suma de las variaciones:

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (\text{Winston, 2004})$$

Cuando tanto la demanda como el tiempo de entrega poseen una variabilidad, entonces la fórmula a utilizarse para obtener σ_L es la siguiente:

σ_T = Desviación estándar de uso en el tiempo de entrega

σ_L = Desviación estándar del tiempo de entrega

σ_D = Desviación estándar de la demanda

u = Promedio de días de entrega

D = Promedio de demanda en el período utilizado

$$\sigma_T^2 = u_L \sigma_D^2 + D^2 \sigma_L^2$$

La demanda normalmente en el caso de una distribuidora no es constante y mucho menos se comporta de manera determinística en un período de tiempo. Si la demanda es variable, existen dos formas comúnmente discutidas para basar la planeación de compra de un producto: la primera es modelar la demanda como si fuera determinística y modificar la solución final ingresando un factor de variabilidad; la segunda es representar explícitamente la variabilidad en el modelo.

El modelo probabilístico comúnmente prevaeciente es el modelo de Re-ordenamiento Estadístico, presentado por Wilson en 1934. En su investigación, Wilson parte el problema de control de inventario en dos:

- Distinguir la cantidad a ordenar cada que se coloque una orden de compra a un proveedor, y

- Determinar el punto de re-orden, es decir, el nivel de inventario que determinará cuando un producto debe mandarse a comprar.

Para el modelo de “Base Stock Model”, que presenta Hopp (2000), menciona que primero se deben asumir los siguientes lineamientos:

- Los productos se pueden analizar independientes unos de otros.
- La demanda ocurre una a la vez.
- No existe demanda perdida. Todo lo demandado, de no tenerse se va a “backorder” (Este lineamiento, para el caso de la investigación, se comenta más adelante y se contempla en otra variable del modelo).
- No existen limitantes para el costo o número de órdenes que se pueden colocar a un proveedor.

El punto de reorden es:

$$\text{Punto de reorden } R = \bar{d}L + (\sigma_L)(z) \quad (\text{Chase, 2006})$$

Donde R = Punto de reorden en unidades

\bar{d} = Demanda diaria promedio (Demanda mensual dividido entre el número de días laborales en el mes)

L = Tiempo de entrega en días (tiempo que corre entre colocar la orden y recibir los artículos)

$(\sigma_L)(z)$ = Existencias de reserva discutidas en la sección anterior, que como se propuso, puede incluir en su forma mas completa, la variabilidad del tiempo de entrega.

Para el caso de aquellos productos donde el evento de venta sucede menos de 12 veces en 12 meses (Edward Silver le llama a esta demanda errática, donde la variabilidad es mas grande que la media de venta) el cálculo de un pronóstico como los mencionados anteriormente no son normalmente recomendados. (Edward Silver et all, 1998)

Es común que la demanda para este tipo de productos mantenga una distribución Poisson que incluye la siguiente fórmula:

$$\text{Punto de reorden} = M + K\sqrt{M}$$

donde M es el promedio de venta durante el período, y “K” es la constante de Poisson que depende del nivel de servicio deseado, por ejemplo, en el caso de desear un nivel de 99%, K = 2.36). La tabla de la distribución Poisson se puede encontrar en el Anexo 2 de este documento. (Marshall, 1957)

Las distribuciones más frecuentes de la demanda aleatoria suelen ser: ley normal de Poisson y la Binomial. Si la demanda sigue la distribución de Poisson, y el plazo de reposición es conocido, tendremos que el número de salidas por término medio durante dicho plazo coincidirá con la variancia, con lo que la desviación típica será:

$$\bar{x} = \sigma^2$$
$$\sigma = \sqrt{\bar{x}}$$

Lo que nos dice que la media (\bar{x}) es igual a la variancia (σ^2). La función de probabilidades estará dada por:

$$P(x) = \frac{\bar{x}^x e^{-\bar{x}}}{x!}$$

y las probabilidades acumuladas serán:

$$F(x) = P(X < x) = \frac{e^{-\bar{x}} \bar{x}^x}{x!}$$

3. Metodología Propuesta

La investigación estableció como objetivo realizar una metodología para el manejo y control de inventarios de una empresa comercializadora. El procedimiento de validación se realizó en una sucursal de más de 35,000 productos con más de dos años de ventas históricas.

El procedimiento a seguir para la investigación se presenta a la par que se realiza el análisis del caso de la empresa comercializadora para ejemplificar los pasos de la metodología:

- 3.1 Clasificación de productos por costo y frecuencia de venta.
- 3.2 Especificación del nivel de servicio para cada clase.
- 3.3 Definición de la estrategia de administración de inventarios y sus parámetros.
 - 3.3.1 Tipo de estrategia de administración de inventario
 - 3.3.2 Método de pronóstico
 - 3.3.3 Inventario de seguridad
 - 3.3.4 Punto de reorden
 - 3.3.5 Cantidad a ordenar
- 3.4 Validación de la metodología a través de la simulación.
 - 3.4.1 Aplicación y simulación de metodología
 - 3.4.2 Análisis de resultados de simulación contra resultados reales
- 3.5 Ajustes a estrategia/parámetros según se requiera

3.1 Clasificación de productos por costo y frecuencia de venta

El primer paso para desarrollar una política de inventario es la adecuada clasificación del inventario en agrupaciones que guarden características similares.

Para obtener la clasificación de productos correcta y lograr una política de inventario coherente a lo que la compañía quiere reflejar con el consumidor, hay datos básicos que se deben de obtener de cada uno de los productos que se manejen (nota, los valores fueron modificados con un mismo porcentaje en algunos de los casos por confidencialidad de la empresa estudiada, sin embargo, mantienen la misma relación):

- Código de producto
- Venta de los últimos 12 meses (en unidades de venta)

- Transacciones anuales en los últimos 12 meses y
- Costo unitario

En el Anexo 3 se enlistan 50 productos como muestra del total de la compañía que a partir de este momento llamaremos compañía “X” con los datos anteriores. También se presentan otros datos que se utilizarán para formulaciones posteriores, tales como:

- Proveedor (nacional o americano)
- Tipo de producto
- Desviación estándar de la venta de los últimos 12 meses (en unidades de venta)
- Valor máximo vendido en una sola transacción
- Promedio de Tiempo de entrega real del proveedor
- ABC actual de la compañía
- Pronóstico mensual actual
- Punto de reorden actual
- Punto máximo de inventario actual
- Costo de venta

La tabla en el Anexo 3 muestra cada una de las características que se mencionaron para 50 de los artículos con una o más transacciones en el último año de venta de la empresa.

Siguiendo la metodología de clasificación ABC expuesta en la sección 2.2.1, el primer dígito de la segmentación se realiza enlistando los ítems de manera ascendente por costo de venta en los últimos 12 meses, de tal forma que se divida de manera acumulativa el 80% del costo de ventas en la sección de los productos conocidos como “A”, el siguiente 15% en los productos “B” y el último 5% del costo de ventas incluirá los productos “C”.

La clasificación para la empresa X queda como se muestra a continuación:

| 1er Dígito ABC | Suma de % costo venta | Cuenta de Código de producto | Suma de Costo de venta |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| A | 80% | 4,040.00 | \$ 109,174,287.90 |
| B | 15% | 6,136.00 | \$ 20,462,283.15 |
| C | 5% | 17,371.00 | \$ 6,816,513.97 |
| Total general | 100% | 27,547.00 | \$ 136,453,085.01 |

Tabla 1. Clasificación por costo de venta.

La segunda parte es dividir cada una de las clasificaciones que se realizaron por cantidad de transferencias (frecuencias) en el período de 12 meses determinado. La división de estas categorías se puede dar también considerando particiones del 80%, 15% y 5% tal y como se obtuvo el primer dígito, sin embargo, en el caso de la compañía X, la cantidad de productos que integraban el 80% incluía una cantidad grande de productos que tienen entre 1 y 2 transacciones, por lo que en conjunto con la dirección de la empresa se decidió separar dicha categoría por posibles decisiones financieras que a futuro se pudieran tomar. La clasificación del segundo dígito de ABC para la empresa X quedó como se muestra a continuación:

| 2o Dígito ABC | Descripción clasificación | Cantidad de transacciones anuales | Cantidad de Códigos de Productos | % Productos por clase |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| A | Alto Movimiento | Más de 25 transacciones | 2773 | 10% |
| B | Medio Movimiento | 11 a 24 transacciones | 3866 | 14% |
| C | Bajo Movimiento | 3 a 10 transacciones | 9665 | 35% |
| D | Lento Movimiento | 1 a 2 transacciones | 11243 | 41% |
| Total general | | | 27547 | 100% |

Tabla 2. Clasificación por transacciones anuales.

| Clasificación ABC | Cantidad de Códigos de Productos | % Productos por Clase | Suma de Costo de venta | Suma de % costo venta |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| AA | 1693 | 6.15% | \$ 62,647,704.73 | 46% |
| AB | 1114 | 4.04% | \$ 24,512,678.78 | 18% |
| AC | 1003 | 3.64% | \$ 18,511,304.08 | 14% |
| AD | 230 | 0.83% | \$ 3,502,600.32 | 3% |
| BA | 886 | 3.22% | \$ 3,478,528.40 | 3% |
| BB | 1633 | 5.93% | \$ 5,683,311.09 | 4% |
| BC | 2578 | 9.36% | \$ 8,187,695.59 | 6% |
| BD | 1039 | 3.77% | \$ 3,112,748.08 | 2% |
| CA | 193 | 0.70% | \$ 190,586.48 | 0% |
| CB | 1119 | 4.06% | \$ 883,154.64 | 1% |
| CC | 6084 | 22.09% | \$ 3,137,464.86 | 2% |
| CD | 9975 | 36.21% | \$ 2,605,307.99 | 2% |
| Total general | 27547 | 100.00% | \$ 136,453,085.02 | 100% |

Tabla 3. Clasificación de ABC para el total de inventario con 1 o más transacciones.

| | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| (A) Alto movimiento | 0.70% | 3.22% | 6.15% |
| (B) Medio Movimiento | 4.06% | 5.93% | 4.04% |
| (C) Bajo Movimiento | 22.09% | 9.36% | 3.64% |
| (D) Lento Movimiento | 36.21% | 3.77% | 0.83% |
| | (C) Bajo Costo de venta | (B) Medio Costo de venta | (A) Alto Costo de venta |

Tabla 4. Distribución de productos por ABC.

Una vez que los productos se han agrupado en sectores con características similares, se debe desarrollar la política de inventario para cada uno de estos sectores, de tal forma que se desarrollen los escenarios que, incluyendo el costo de inversión y el nivel de servicio deseado por la compañía, muestren la factibilidad probabilística y facilite a la compañía en la toma de decisiones.

Los datos de segmentación de 50 productos como muestra del total, se encuentran en el Anexo 4.

3.2 Especificación del nivel de servicio para cada clasificación.

Para la compañía X, el nivel de servicio que desea lograr está dado en órdenes de clientes, donde una orden de cliente puede incluir una a varias líneas. Con una sola línea que no esté disponible, la orden completa se considera no disponible y por lo tanto afecta negativamente al nivel de servicio.

La probabilidad de que una orden este disponible dependerá entonces de la probabilidad de que cada línea esté disponible y del número de líneas que incluya. Se inició calculando la probabilidad de que una línea esté disponible

La probabilidad de disponibilidad de una línea se obtiene multiplicando la probabilidad de que el sku de la línea pertenezca a cada una de las categorías de transacciones

anuales (lento, bajo, medio o alto movimiento) por la probabilidad de que esté disponible para cada categoría (por definición el nivel de servicio de la categoría) , es decir:

$$P(l) = (P\{\text{Alto}\} * NS_{\text{Alto}}) + (P\{\text{Medio}\} * NS_{\text{Medio}}) + (P\{\text{Bajo}\} * NS_{\text{Bajo}}) + (P\{\text{Lento}\} * NS_{\text{Lento}})$$

Donde:

$P(l)$ = Probabilidad de disponibilidad de una línea

$P(\text{Alto})$ = Probabilidad de que la línea pertenezca al conjunto de productos de alto movimiento

$P(\text{Medio})$ = Probabilidad de que la línea pertenezca al conjunto de productos de medio movimiento

$P(\text{Bajo})$ = Probabilidad de que la línea pertenezca al conjunto de productos de bajo movimiento

$P(\text{Lento})$ = Probabilidad de que la línea pertenezca al conjunto de productos de lento movimiento

NS_{Alto} = Nivel de servicio esperado por la compañía para la categoría de productos de alto movimiento

NS_{Medio} = Nivel de servicio esperado por la compañía para la categoría de productos de medio movimiento

NS_{Bajo} = Nivel de servicio esperado por la compañía para la categoría de productos de bajo movimiento

NS_{Lento} = Nivel de servicio esperado por la compañía para la categoría de productos de lento movimiento

Las probabilidades de que una línea pertenezca a alguna de las categorías la obtenemos de la Tabla 2 y el nivel de servicio para cada una de las categorías está dado en función del nivel de servicio que se especifique para cada categoría. Por lo tanto, si se desea obtener un determinado nivel de servicio por línea, se debe de escoger un conjunto de niveles de servicio por categoría que resulte en el nivel de servicio por línea deseado.

Por otro lado, para definir el nivel de servicio por orden se debe tomar en cuenta la probabilidad de tener 1,2,...ó n líneas por orden. Para obtener la probabilidad de que una orden tuviera 1 o más líneas se obtuvo una relación de las órdenes colocadas durante los últimos 4 meses de la compañía y la cantidad de líneas por orden. La probabilidad de obtener una orden con 1, 2, 3 ó más líneas se presenta en la Tabla 5.

| No. Líneas | Cant. Ordenes | Probabilidad de Ocurrencias P(N) |
|------------|---------------|----------------------------------|
| 1 | 5052 | 54.12% |
| 2 | 1854 | 19.86% |
| 3 | 871 | 9.33% |
| 4 | 523 | 5.60% |
| 5 | 287 | 3.07% |
| 6 | 199 | 2.13% |
| 7 | 131 | 1.40% |
| 8 | 94 | 1.01% |
| 9 | 64 | 0.69% |
| 10 | 60 | 0.64% |
| 11 | 33 | 0.35% |
| 12 | 29 | 0.31% |
| 13 | 20 | 0.21% |
| 14 | 20 | 0.21% |
| 15 | 13 | 0.14% |
| 16 | 10 | 0.11% |
| 17 | 17 | 0.18% |
| 18 | 10 | 0.11% |
| 19 | 7 | 0.07% |
| 20 | 7 | 0.07% |
| 21 | 5 | 0.05% |
| 22 | 2 | 0.02% |
| 23 | 2 | 0.02% |
| 24 | 2 | 0.02% |
| 25 | 3 | 0.03% |
| 27 | 1 | 0.01% |
| 28 | 2 | 0.02% |
| 29 | 1 | 0.01% |
| 30 | 1 | 0.01% |
| 31 | 2 | 0.02% |
| 33 | 1 | 0.01% |
| 34 | 1 | 0.01% |
| 35 | 2 | 0.02% |
| 39 | 1 | 0.01% |
| 41 | 1 | 0.01% |
| 45 | 1 | 0.01% |
| 46 | 1 | 0.01% |
| 49 | 1 | 0.01% |
| 56 | 1 | 0.01% |
| 64 | 1 | 0.01% |
| 97 | 1 | 0.01% |
| | 9334 | 100.00% |

Tabla 5. Relación de líneas por órdenes de clientes colocadas.

La probabilidad de éxito para obtener un nivel de servicio del 90% en órdenes depende de:

$P(O)$ = Probabilidad de disponibilidad en órdenes

$P(N=i)$ = Probabilidad de ocurrencia de una orden con "i" líneas

$P(l)$ = Probabilidad de disponibilidad de una línea

$$P(O) = \sum_{i=1}^{\infty} P\{N=i\} P\{l\}$$

El nivel de servicio entonces puede ser una serie de combinaciones para obtener el mismo resultado, la tabla siguiente muestra la combinación más cercana al valor buscado (esta relación se puede obtener mediante prueba y error o bien utilizando un software de solución de ecuaciones):

| Categoría 2o Dígito | Probabilidad de pertenecer a una categoría de transacciones | Nivel Servicio Deseado por Clasificación | Producto de probabilidades (Nivel de servicio por línea) |
|----------------------------|--|---|---|
| Alto Movimiento | 10.07% | 99.00% | 9.97% |
| Medio Movimiento | 14.03% | 95.00% | 13.33% |
| Bajo Movimiento | 35.09% | 95.00% | 33.34% |
| Lento Movimiento | 40.81% | 94.50% | 38.57% |
| | | | 95.20% |

Tabla 6. Nivel de Servicio esperado en líneas con la combinación sugerida de nivel de servicio por clasificación.

Utilizando la probabilidad de disponibilidad de una línea con el valor de 95.20%, se sustituye en la fórmula para obtener la probabilidad de disponibilidad en órdenes $P(O)$, multiplicando este valor por cada una de las probabilidades de ocurrencia y se suman los valores al final, tal como se describió en la fórmula, obteniendo el valor de 90% de nivel de servicio en órdenes y que se presenta en los datos de la Tabla 7 que se muestra en la siguiente página.

Hasta este punto, se tiene ya un nivel de servicio deseado por categoría que confirma, probabilísticamente hablando, que con los niveles de servicio por categoría de la tabla 2 se obtendría el nivel de servicio deseado por órdenes de la compañía de 90%.

| No. Líneas | Cant. Ordenes | Probabilidad de Ocurrencias P(N) | Probabilidad Disponibilidad en Ordenes P(O) |
|------------|---------------|----------------------------------|---|
| 1 | 5052 | 54.12% | 95% |
| 2 | 1854 | 19.86% | 91% |
| 3 | 871 | 9.33% | 86% |
| 4 | 523 | 5.60% | 82% |
| 5 | 287 | 3.07% | 78% |
| 6 | 199 | 2.13% | 74% |
| 7 | 131 | 1.40% | 71% |
| 8 | 94 | 1.01% | 67% |
| 9 | 64 | 0.69% | 64% |
| 10 | 60 | 0.64% | 61% |
| 11 | 33 | 0.35% | 58% |
| 12 | 29 | 0.31% | 55% |
| 13 | 20 | 0.21% | 53% |
| 14 | 20 | 0.21% | 50% |
| 15 | 13 | 0.14% | 48% |
| 16 | 10 | 0.11% | 46% |
| 17 | 17 | 0.18% | 43% |
| 18 | 10 | 0.11% | 41% |
| 19 | 7 | 0.07% | 39% |
| 20 | 7 | 0.07% | 37% |
| 21 | 5 | 0.05% | 36% |
| 22 | 2 | 0.02% | 34% |
| 23 | 2 | 0.02% | 32% |
| 24 | 2 | 0.02% | 31% |
| 25 | 3 | 0.03% | 29% |
| 27 | 1 | 0.01% | 26% |
| 28 | 2 | 0.02% | 25% |
| 29 | 1 | 0.01% | 24% |
| 30 | 1 | 0.01% | 23% |
| 31 | 2 | 0.02% | 22% |
| 33 | 1 | 0.01% | 20% |
| 34 | 1 | 0.01% | 19% |
| 35 | 2 | 0.02% | 18% |
| 39 | 1 | 0.01% | 15% |
| 41 | 1 | 0.01% | 13% |
| 45 | 1 | 0.01% | 11% |
| 46 | 1 | 0.01% | 10% |
| 49 | 1 | 0.01% | 9% |
| 56 | 1 | 0.01% | 6% |
| 64 | 1 | 0.01% | 4% |
| 97 | 1 | 0.01% | 1% |
| | 9334 | 100.00% | 90% |

Tabla 7. Probabilidad de disponibilidad en órdenes multiplicado por la probabilidad de disponibilidad en líneas, obteniendo un nivel de servicio final de 90%.

3.3 Definición de estrategia de administración de inventarios

3.3.1 Tipo de estrategia de administración de inventario

La estrategia de administración de inventario debe estar basada en los costos que influyen en la cantidad a ordenar: costo por mantener en inventario versus costos de ordenar. En el caso de la empresa X, la estrategia se puede dividir, por sus características, en dos secciones, la estrategia para proveedores nacionales (poco volumen) y la estrategia para el proveedor americano (mucho volumen).

Para el caso de los proveedores nacionales, se recomienda mantener un modelo de revisión periódica de tal manera que se puedan sincronizar todos los envíos de un mismo proveedor y aprovechar de mejor manera el medio de transporte. Esto permitirá tener una mejor planeación en el área de recibo y poder, en conjunto con los proveedores, mantener bajos los costos de transportación y que estos no sean traspasados al costo del producto.

En el caso del proveedor americano los productos provienen de la propia planta de la empresa en Estados Unidos. Existen envíos diarios que incluyen todos los productos que se pidan compartiendo un mismo medio de transporte. El tiempo promedio de entrega es de 5 días y el nivel de servicio de la planta de EUA por línea es del 90%. En este caso, si se decide incluir un producto más en el pedido no se incurre en un costo adicional, simplemente se incluye en la orden de compra y se aprovecha el mismo envío. Además existe un sistema de información que mantiene el registro automático del inventario. En este caso por lo tanto conviene utilizar un sistema de revisión de inventario continuo.

Las dos estrategias mencionadas arriba tienen que ver con el origen de la mercancía, otra estrategia tendrá que ver con la estratificación que se realizó en un inicio. El principio está en encontrar el equilibrio entre inversión (vueltas de inventario) y control (disponibilidad).

En base a estos tipos de administración de inventario, para productos de bajo costo (categoría C) se sigue la siguiente lógica:

- Mantener un alto nivel de servicio es barato.
- Invertir en un inventario de seguridad.
- Mantener un control masivo, no tan estricto.

Para productos de alto costo (categoría A) se sigue la siguiente lógica:

- Mantener un alto nivel de servicio es caro, pero, dado el tipo de productos que manejan, el costo de no tenerlo en inventario es también muy alto.
- Reducir la inversión del inventario de seguridad.
- Mantener un control ajustado por producto.

Los productos B caen en un manejo entre los productos C y A y se controlan muy similares los de la categoría C.

Otros productos que deben de manejarse a manera especial, aún después que se realizó la estratificación deberán ser aquellos que cumplan con alguna de las siguientes características:

- Productos con un alto costo de oportunidad en caso de no estar disponibles (muy penalizados por los clientes).
- Productos con alto riesgo de calidad por parte del proveedor.
- Productos con un ciclo de vida corto (percederos, de tecnología muy cambiante, entre otros).

3.3.2 Método de pronóstico

El ciclo de vida de cada producto dicta el método de pronóstico que debe de utilizarse. Habrá productos los cuales no poseen un pronóstico conocido, puede ser el caso para productos nuevos o de reemplazo, pero en cualquiera de ellos se puede obtener un pronóstico, ya sea a través del historial del producto que vienen a sustituir, o bien calculando el porcentaje de mercado que se desea ganar como estrategia de la compañía al introducir dicho producto (se recomienda estimar el crecimiento de ventas esperado y decidir qué productos se mantendrán en inventario y con qué nivel de servicio). Para el análisis de la empresa X, los productos con cero transacciones no se consideran en la metodología.

A medida que un producto incrementa su frecuencia de venta, es posible utilizar la probabilidad de Poisson para ajustar su pronóstico. Esta distribución describe muy bien los eventos independientes y, según se planteó en el marco teórico, se aproxima a la distribución normal a mayor número de datos disponibles (demostrado

matemáticamente por Kreyszig en su libro “Matemáticas Avanzadas para Ingeniería” donde a mayor cantidad de eventos sucedidos en el mismo período, el comportamiento de la distribución se hace muy similar a la binomial, esto ocurre a partir de 10 eventos como mínimo), por lo que para la compañía X, la clasificación de lento y bajo movimiento se decide estimar los valores de inventario utilizando la distribución Poisson y el nivel de servicio de 94.5% y 95.0% respectivamente.

Para obtener este dato, es necesario encontrar el tiempo de entrega promedio para los productos de acuerdo a las transacciones que tienen según los datos históricos o bien de acuerdo a lo acordado con los proveedores (ver anexo 3 para muestra de 50 productos). Dado que los datos históricos son comúnmente algo más cercano a la realidad, se decidió tomar los datos históricos para obtener los tiempos de entrega:

| Categoría 2o Dígito | Transacciones anuales | Promedio Tiempo Entrega |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Lento Movimiento | 1 a 2 transacciones | 9.15 días |
| Bajo Movimiento | 3 a 10 transacciones | 7.73 días |
| Medio Movimiento | 11 a 24 transacciones | 6.39 días |
| Alto Movimiento | 25 en adelante | 6.41 días |

Tabla 8. Tiempos de entrega promedio de proveedores por clasificación de transacciones dado en días calendario.

Tomando esto como referencia, el cálculo de Poisson para obtener una probabilidad del 95% en el caso de los productos con menos de 10 transacciones, y con un tiempo de entrega de 15 días, donde la compañía se estaría protegiendo con 5 días calendario, estaría dada por la siguiente tabla (los datos se obtuvieron utilizando la fórmula de Poisson para cada posibilidad):

| Tiempo (En meses) | 0.5 | | |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|
| Ocurrencia en el tiempo | 1 | 2 | 3 |
| Cantidad de Transacciones | Nivel de Servicio Esperado | | |
| 1 | 99.916% | 99.999% | 100.000% |
| 2 | 99.671% | 99.991% | 100.000% |
| 3 | 99.281% | 99.970% | 99.999% |
| 4 | 98.756% | 99.932% | 99.997% |
| 5 | 98.109% | 99.871% | 99.993% |
| 6 | 97.350% | 99.784% | 99.987% |
| 7 | 96.490% | 99.667% | 99.976% |
| 8 | 95.538% | 99.518% | 99.961% |
| 9 | 94.502% | 99.335% | 99.939% |
| 10 | 93.392% | 99.115% | 99.910% |
| 11 | 92.216% | 98.857% | 99.872% |
| 12 | 90.980% | 98.561% | 99.825% |
| 13 | 89.691% | 98.226% | 99.767% |
| 14 | 88.356% | 97.850% | 99.696% |
| 15 | 86.980% | 97.434% | 99.612% |
| 16 | 85.570% | 96.979% | 99.514% |
| 17 | 84.129% | 96.484% | 99.401% |
| 18 | 82.664% | 95.949% | 99.271% |
| 19 | 81.178% | 95.377% | 99.124% |
| 20 | 79.676% | 94.767% | 98.958% |
| 21 | 78.162% | 94.120% | 98.774% |
| 22 | 76.638% | 93.437% | 98.570% |
| 23 | 75.108% | 92.720% | 98.346% |
| 24 | 73.576% | 91.970% | 98.101% |

Tabla 9. Probabilidad Poisson para 1 a 24 transacciones anuales con 15 días de tiempo de entrega.

Lo marcado en color más oscuro en la Tabla 9 muestra la combinación donde el nivel de servicio esperado es mayor a 95.0%. Los datos nos confirman que en el caso de productos con una a ocho transacciones anuales, solamente se repetirá su venta una vez en un lapso de 15 días con un 95% de confiabilidad.

Dado de que la clasificación de lento y bajo movimiento incluían los productos de hasta 10 transacciones, pero según la Tabla 9, para todos estos productos excepto el de 10 transacciones cumplen con la característica de un evento para lograr el 95% de nivel de servicio, se optó por sacar de la categoría de bajo movimiento a los productos de 10 transacciones e incluirlos en la categoría siguiente de medio movimiento, así el manejo de inventario quedaría claramente definido para las dos categorías mas bajas de transacciones.

La nueva distribución y nivel de servicio esperado por clasificación quedó como se muestra a continuación:

| 2o Dígito ABC | Descripción clasificación | Cantidad de transacciones anuales | Cantidad de Códigos de Productos | % Productos por clase |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| A | Alto Movimiento | Más de 25 transacciones | 2773 | 10.07% |
| B | Medio Movimiento | 11 a 24 transacciones | 4456 | 16.18% |
| C | Bajo Movimiento | 3 a 10 transacciones | 9075 | 32.94% |
| D | Lento Movimiento | 1 a 2 transacciones | 11243 | 40.81% |
| Total general | | | 27547 | 100% |

Tabla 10. Nueva clasificación por transacciones anuales.

| Clasificación ABC | Cantidad de Códigos de Productos | % Productos por Clase | Suma de Costo de venta | Suma de % costo venta |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| AA | 1693 | 6.15% | \$ 62,647,704.73 | 46% |
| AB | 1228 | 4.46% | \$ 26,622,469.57 | 20% |
| AC | 889 | 3.23% | \$ 16,401,513.29 | 12% |
| AD | 230 | 0.83% | \$ 3,502,600.32 | 3% |
| BA | 886 | 3.22% | \$ 3,478,528.40 | 3% |
| BB | 1863 | 6.76% | \$ 6,442,478.34 | 5% |
| BC | 2348 | 8.52% | \$ 7,428,528.33 | 5% |
| BD | 1039 | 3.77% | \$ 3,112,748.08 | 2% |
| CA | 193 | 0.70% | \$ 190,586.48 | 0% |
| CB | 1365 | 4.95% | \$ 1,055,254.87 | 1% |
| CC | 5838 | 21.19% | \$ 2,965,364.64 | 2% |
| CD | 9975 | 36.21% | \$ 2,605,307.99 | 2% |
| Total general | 27547 | 100.00% | \$ 136,453,085.02 | 100% |

Tabla 11. Clasificación de ABC para el total de inventario con 1 o más transacciones.

Dado que en una distribución Poisson con más de diez transacciones se iguala a la distribución normal, para las categorías de medio y alto movimiento será posible utilizar los métodos de pronóstico que la empresa maneja actualmente:

- Suavizamiento Exponencial Lineal (Serie de Tiempo)
- Suavizamiento Exponencial de Holt (Serie de Tiempo)
- Suavizamiento Exponencial Estacional de Winters (Serie de Tiempo)
- Promedio Móvil Simple (Serie de Tiempo)
- Promedio de últimos doce meses
- Promedio de últimos tres meses
- Promedio de los otros métodos de pronósticos

El sistema de la empresa selecciona aquel de menor error MSE de acuerdo a lo vendido el mes anterior. Este proceso se realiza mensualmente y actualiza todos los productos dados de alta en el sistema. El pronóstico de cada uno de los productos estudiados se encuentra representado para 50 artículos en el Anexo 3.

Es importante mencionar que utilizar el error medio para seleccionar un método de pronóstico es teóricamente aceptable, sin embargo, las ventas que se estén registrando como demanda en el sistema, y el tiempo cuando lo esté registrando (cuando se realiza la compra o cuando se embarca al cliente) es importante pues los resultados del pronóstico y su aplicación puede variar significativamente.

3.3.3 Inventario de seguridad

Para el caso de los artículos de una a nueve transacciones anuales, el valor de cuántas piezas ingresar a inventario podría ser resuelto de dos formas: utilizando el valor igual a la media mas 2 desviaciones estándar de la distribución normal de venta del producto (lo que nos da el 95.44% dentro de la curva de la demanda), esto puede ocasionar un inventario alto; y el segundo método es tomando el valor máximo vendido en una transacción en el periodo de los doce meses, como el valor de inventario de seguridad.

| Transacciones Anuales | Promedio de piezas vendidas por transacción | Desviación Estándar |
|-----------------------|---|---------------------|
| 1 | 9 | 252.42 |
| 2 | 6 | 23.64 |
| 3 | 6 | 23.22 |
| 4 | 9 | 66.55 |
| 5 | 7 | 47.36 |
| 6 | 8 | 61.82 |
| 7 | 6 | 12.09 |
| 8 | 7 | 19.37 |
| 9 | 7 | 33.80 |

Tabla 12. Promedio de piezas vendidas de 1 a 9 transacciones anuales

Para mostrar el efecto de los dos métodos expuestos en el párrafo anterior, se presenta la Tabla 13 con los dos métodos comparados para el caso de un producto con 2 transacciones anuales y valores de 1 a 200 piezas de diferencia entre cada transacción. Tomar el valor máximo como nivel de inventario de seguridad nos dará siempre el 100% de la probabilidad de disponibilidad y será siempre menor en costo de inventario que el valor obtenido mediante la distribución normal, esto dado que las desviaciones estándar son tan grandes para este tipo de productos que la distribución normal tiene que sobreprotegerse para lograr un nivel de servicio tan alto.

La conclusión a la que se llega con esta comparación es que en estos casos siempre será mejor mantener la venta máxima por transacción que haya ocurrido mientras que el producto tenga 9 ó menos transacciones anuales.

| Piezas ventas 1er transacción | Piezas ventas 2a transacción | Promedio | Desviación Estándar | Inventario de Seguridad = Media + 2DesvEst (NS = 95.44%) | Inventario de Seguridad = Máximo Valor (NS =100%) |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------|------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 1.5 | 0.707 | 2.914 | 2 |
| 1 | 3 | 2 | 1.414 | 4.828 | 3 |
| 1 | 4 | 2.5 | 2.121 | 6.743 | 4 |
| 1 | 5 | 3 | 2.828 | 8.657 | 5 |
| 1 | 6 | 3.5 | 3.536 | 10.571 | 6 |
| 1 | 7 | 4 | 4.243 | 12.485 | 7 |
| 1 | 8 | 4.5 | 4.950 | 14.399 | 8 |
| 1 | 9 | 5 | 5.657 | 16.314 | 9 |
| 1 | 10 | 5.5 | 6.364 | 18.228 | 10 |
| 1 | 15 | 8 | 9.899 | 27.799 | 15 |
| 1 | 20 | 10.5 | 13.435 | 37.370 | 20 |
| 1 | 30 | 15.5 | 20.506 | 56.512 | 30 |
| 1 | 40 | 20.5 | 27.577 | 75.654 | 40 |
| 1 | 50 | 25.5 | 34.648 | 94.796 | 50 |
| 1 | 60 | 30.5 | 41.719 | 113.939 | 60 |
| 1 | 70 | 35.5 | 48.790 | 133.081 | 70 |
| 1 | 80 | 40.5 | 55.861 | 152.223 | 80 |
| 1 | 90 | 45.5 | 62.933 | 171.365 | 90 |
| 1 | 100 | 50.5 | 70.004 | 190.507 | 100 |
| 1 | 150 | 75.5 | 105.359 | 286.218 | 150 |
| 1 | 200 | 100.5 | 140.714 | 381.928 | 200 |

Tabla 13. Comparación de inventario de seguridad para 2 transacciones.

Dado que en una distribución Poisson con más de diez transacciones se iguala a la distribución normal, para las categorías de medio y alto movimiento será posible utilizar los métodos de pronóstico para determinar la cantidad a mantener en inventario de seguridad y la cantidad a ordenar.

La función de "z" necesaria para el cálculo del inventario de seguridad es de 1.65 para un nivel de 95.0%, y de 2.33 para un nivel de 99.0%. Para cada producto, se multiplica el valor de z por la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega promedio anualizado.

Para poder continuar según las formulas de inventario de seguridad, es necesario conocer los tiempos de entrega promedio y la desviación estándar para cada uno de los productos. En el caso de este estudio y con el fin de poder homologar las características de cada categoría según sus transacciones anuales (segundo dígito de la estratificación del ABC), se calculó el tiempo promedio de entrega para cada uno de las categorías dependiendo si el producto proviene de la planta americana o bien de un proveedor nacional (cabe aclarar que en el caso específico de esta empresa el 70%

de sus compras las realiza a través de su propia planta en Estados Unidos, y el resto de proveedores nacionales). Los resultados de los proveedores nacionales se presentan en la siguiente Tabla 14:

| Categoría 2o Dígito | Transacciones anuales | Proveedores Nacionales | |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | | Promedio Tiempo | Desviación Estándar |
| Lento Movimiento | 1 a 2 transacciones | 20.87 días | 31.47 |
| Bajo Movimiento | 3 a 10 transacciones | 17.41 días | 29.46 |
| Medio Movimiento | 11 a 24 transacciones | 12.55 días | 20.97 |
| Alto Movimiento | 25 en adelante | 9.9 días | 13.07 |

Tabla 14. Tiempos de entrega promedio de productos nacionales.

Los resultados de tiempos de entrega para los productos americanos se presentan en la siguiente tabla:

| Tipo de producto americano | Proveedores Americanos | |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | Promedio Tiempo Entrega | Desviación Estándar |
| ST | 2.87 días | 5.10 |
| TP | 15.29 días | 9.42 |
| LS | 10.49 días | 5.51 |

Tabla 15. Tiempos de entrega promedio de productos americanos según el tipo de producto.

Los productos TP y LS son productos que se compran a través de la planta de Estados Unidos, sin embargo la planta americana nunca mantiene de estos en su inventario, por lo que mandan comprar cada vez que hay una compra de nuestra parte, lo que lleva a tiempos de entrega mas largos y por ello su manejo por separado en este estudio.

Estos valores fueron adaptados a cada producto según la categoría donde pertenecieran (es importante aclarar que en caso que el sistema que esté utilizando la empresa pueda ingresar estos datos a nivel de producto por producto, el resultado será de mejor detalle), en esta investigación se realizó así para poder trabajar con datos más funcionales para la simulación posterior, además que da una idea muy cercana al funcionamiento general de la empresa.

Los valores de tiempos de entrega servirán para estimar todos los siguientes pasos, por lo que es importante que la compañía esté de acuerdo con los valores a utilizarse, ya que representarán a la vez la meta de la compañía sobre el tiempo que desean mantener de sus proveedores, en caso de no cumplirse o tener un alto porcentaje de productos no entregados en tiempo, el modelo no trabajará adecuadamente y no dará los resultados deseados.

Una vez que tenemos el valor de “z” dependiendo de la categoría, el tiempo de entrega y la desviación estándar del tiempo de entrega, así como la demanda mensual (o anual) esperada por producto (pronóstico), es posible calcular el inventario de seguridad que dará el nivel de servicio deseado para cada producto utilizando la siguiente fórmula presentada en el capítulo 2.5.2 del Marco Teórico:

$$SS = \text{Inventario de Seguridad} = (\sigma_L)(z)$$

$$\sigma_T^2 = u_L \sigma_D^2 + D^2 \sigma_L^2$$

El inventario de seguridad obtenido para cada producto con diez o más transacciones se encuentra representado para 50 artículos en el Anexo 4.

Una vez obtenido el inventario de seguridad, se obtiene la cantidad a ordenar, la cual puede ser dictada por la optimización en costos, o bien, por la cantidad de vueltas de inventario deseadas por la compañía, que va ligado al costo requerido para sustentar su operación.

3.3.4 Punto de reorden

Para el caso de los productos de una a nueve transacciones, el valor de inventario de seguridad se convierte en el mismo punto de reorden y punto máximo de inventario, sin embargo, para aquellos productos con diez o más transacciones, el punto de reorden se obtiene, según se planteó en el marco teórico, de sumar la demanda en el tiempo de entrega mas el inventario de seguridad ya calculado.

D_T = Demanda en el tiempo de entrega

SS = Existencia de seguridad

$$\text{Punto de Reorden} = D_T + SS$$

El Anexo 4 presenta los resultados del punto de reorden para 50 artículos representando los cálculos de cada uno de los productos estudiados.

3.3.5 Cantidad a ordenar

En el caso de la compañía X, la cantidad a ordenar está dada en el sistema a través de meses del pronóstico, por lo que para realizar los cálculos prácticos y poder obtener las vueltas de inventario deseadas por la compañía (pudiendo modificarse estas según vaya requiriendo la compañía), se utilizó la siguiente ecuación:

I = Inventario promedio

Q = Cantidad a ordenar

D = Demanda anual

SS = Existencia de Seguridad

VI = Vueltas de inventario anuales

$$I = Q / 2 + SS$$

$$VI = D / I$$

$$D / VI = Q / 2 + SS$$

$$Q = 2 (D / VI - SS)$$

La cantidad a ordenar estará dada por la cantidad de vueltas deseadas menos la cantidad de inventario de seguridad, considerado como un inventario fijo durante el año. Cuando la cantidad a ordenar Q sea menor a cero, significa que no podemos lograr dichas vueltas de inventario deseadas, esto dado por el inventario de seguridad fijado inicialmente para lograr un nivel de servicio.

En base a las fórmulas ya establecidas, se obtuvo el valor de "Q" para cada producto.

Por último se obtiene el punto máximo de inventario el cual proviene de sumar la cantidad en el punto de re-orden y la cantidad a ordenar.

3.4 Validación y análisis de la metodología a través de la simulación.

Para comprobar que la metodología funciona de acuerdo a lo descrito en el punto 3 de esta investigación, se utilizaron los valores de venta reales de la compañía para el mes siguiente al de la fecha de datos recolectados

Para poder simular la venta diaria, se realizaron cuatro matrices relacionadas, la primera que mostrara la demanda real de los clientes, la segunda que mostrara el inventario diario, la tercera mostrando las compras de acuerdo a los parámetros ya establecidos y por último una cuarta matriz mostrando la cantidad de piezas que no se pudieron surtir (backorder).

Los resultados se describen a manera de resumen en la Tabla 16 para un nivel de servicio deseado de 90% en órdenes y 6 vueltas de inventario:

| Para 6 vueltas de inventario | Colocadas | BKO | Nivel de Servicio |
|--|-----------|------|-------------------|
| Total de líneas | 21843 | 2111 | 90.33% |
| 0 Transacciones anteriormente | 781 | 781 | 0% |
| > 1 Transacción anteriormente | 21062 | 1330 | 93.68% |
| BKO > 1 trans con Demanda \leq 200% de la demanda proyectada | 14339 | 4 | 99.97% |
| BKO > 1 trans con Demanda > 200% de la demanda proyectada | 6723 | 1326 | 80.27% |

Tabla 16 Resultados Enero 2008 utilizando nuevo modelo y 6 vueltas de inventario. (Valor de Inventario: \$47,381,364.68 moneda nacional)

En la tabla, se dividen algunos valores como es el backorder generado de aquellos productos que tienen más de una transacción pero que su demanda fue menor o igual al 200% de la demanda proyectada, o bien aquellos donde fue mayor al 200% de la demanda proyectada, esta partición se hace dado que los resultados fueron dando números muy distantes para estas categorías que es importante destacar para su estudio particular.

El mismo ejercicio se realizó para un nivel de servicio de 90% en órdenes, pero con una meta de 12 vueltas de inventario anuales:

| Para 12 vueltas de inventario | Colocadas | BKO | Nivel de Servicio |
|--|-----------|------|-------------------|
| Total de líneas | 21843 | 2166 | 90.08% |
| 0 Transacciones anteriormente | 781 | 781 | 0% |
| > 1 Transacción anteriormente | 21062 | 1385 | 93.42% |
| BKO > 1 trans con Demanda <= 200% de la demanda proyectada | 14339 | 133 | 99.07% |
| BKO > 1 trans con Demanda > 200% de la demanda proyectada | 6723 | 1252 | 81.37% |

Tabla 17. Resultados Enero 2008 utilizando nuevo modelo y 12 vueltas de inventario. (Valor de Inventario: \$31,104,837.81 moneda nacional)

Lo que este comportamiento muestra es que la exactitud en el pronóstico, para la empresa X es muy importante para obtener el nivel de servicio deseado. La fórmula de nivel de servicio está atada a la demanda esperada, por lo que el nivel de servicio se da solamente bajo una distribución normal dada por el historial de venta o la demanda esperada futura, pero no fuera de ella.

Dado que una cantidad importante de las líneas que se fueron a backorder en el escenario anterior fueron debido a que la compra mensual se da en una sola transacción, por lo que el inventario de seguridad no fue suficiente para abastecerla, se realizó otra prueba contemplando en el inventario de seguridad el máximo en una transacción en caso de que el inventario de seguridad fuera menor a dicha cantidad:

| Para 6 vueltas de inventario | Colocadas | BKO | Nivel de Servicio |
|--|-----------|------|-------------------|
| Total de líneas | 21843 | 1373 | 93.71% |
| 0 Transacciones anteriormente | 781 | 781 | 0% |
| > 1 Transacción anteriormente | 21062 | 592 | 97.18% |
| BKO > 1 trans con Demanda <= 200% de la demanda proyectada | 14339 | 8 | 99.94% |
| BKO > 1 trans con Demanda > 200% de la demanda proyectada | 6723 | 584 | 91.31% |

Tabla 18. Resultados Enero 2008 utilizando nuevo modelo con valor máximo y 6 vueltas de inventario. (Valor de Inventario: \$44,651,921.45 moneda nacional)

| Para 12 vueltas de inventario | Colocadas | BKO | Nivel de Servicio |
|---|-----------|------|-------------------|
| Total de líneas | 21843 | 2543 | 88.35% |
| 0 Transacciones anteriormente | 781 | 781 | 0% |
| > 1 Transacción anteriormente | 21062 | 1762 | 91.63% |
| BKO > 1 trans con Demanda <= 200% de la demanda proyectada | 14339 | 99 | 99.30% |
| BKO > 1 trans con Demanda > 200% de la demanda proyectada | 6723 | 1663 | 75.26% |

Tabla 19. Resultados Enero 2008 utilizando nuevo modelo con valor máximo y 6 vueltas de inventario. (Valor de Inventario: \$34,694,811.27 moneda nacional)

Los resultados reales del mes de Enero, 2008 se presentan en la siguiente tabla, y son la base para poder concluir sobre la investigación:

| Para 12 vueltas de inventario | Colocadas | BKO | Nivel de Servicio |
|---|-----------|------|-------------------|
| Total de líneas | 21843 | 3041 | 86.07% |
| 0 Transacciones anteriormente | 781 | 781 | 0% |
| > 1 Transacción anteriormente | 21062 | 2260 | 89.26% |
| BKO > 1 trans con Demanda <= 200% de la demanda proyectada | 14339 | 917 | 93.60% |
| BKO > 1 trans con Demanda > 200% de la demanda proyectada | 6723 | 1343 | 80.02% |

Tabla 20 Resultados Enero 2008 utilizando nuevo modelo y 6 vueltas de inventario. (Valor de Inventario: \$29,867,073.39 moneda nacional)

Todo parece indicar que el problema de la empresa está en el pronóstico de su demanda, donde 3649 productos quedaron por arriba del promedio mensual de 9854 productos vendidos, un 37% del total.

3.5 Confirmación o rechazo de las hipótesis.

La investigación tenía como primer hipótesis sustentar que la metodología muestre la relación entre el nivel de servicio deseado y las variables independientes propuestas de investigación. Esta hipótesis se cumple al momento de desarrollar una serie de pasos secuenciales, que muestran la formulación de una estrategia de administración asegurando un nivel de servicio deseado en órdenes e incluyendo en sus fórmulas el valor de vueltas de inventario para generar el valor óptimo de inventario:

- Clasificación de productos por costo y frecuencia de venta.
- Especificación del nivel de servicio para cada clase.
- Definición de la estrategia de administración de inventarios y sus parámetros.
 - Tipo de estrategia de administración de inventario
 - Método de pronóstico
 - Inventario de seguridad
 - Punto de reorden
 - Cantidad a ordenar
- Ajustes a estrategia/parámetros según se requiera

La segunda hipótesis se responde con la sección 3.4, donde se valida la aplicación de la metodología en una compañía y se utilizan valores reales para simular un mes de operaciones. Los resultados, según se comenta en dicha sección, muestran un resultado satisfactorio para todos aquellos productos que se mantienen en los rangos de venta de donde se obtuvo la información, sin embargo, dejan ver un área de oportunidad para lograr la meta de nivel de servicio en aquellos productos que sobrepasan los límites estipulados de la metodología.

La tercera hipótesis se refiere al enfrentamiento entre los resultados obtenidos mediante la metodología y los resultados reales que obtuvo la compañía estudiada. La aplicación muestra tener un mejor resultado, al menos en cuestión de nivel de servicio, aunque es preciso aclarar, que aunque la parte de vueltas de inventario se cuidara, el monto de inventario no se consideró en el estudio como parte de los métricos de revisión para sustentar si un escenario era mejor que otro.

4. Conclusiones, recomendaciones e implicaciones

La presente investigación desarrolla una metodología útil para aquellas empresas comercializadoras que ofrecen una alta variedad de productos donde el nivel de servicio que demanda su cliente es también una prioridad.

La teoría marca una serie de técnicas muy útiles, que no presentan una alta dificultad si se les estudia cada una por separado, sin embargo, juntar las teorías y proponer una metodología que nos guíe sobre cuál metodología tomar para cada caso en específico es algo que no es tan sencillo y que no se realiza en la mayoría de las compañías, donde normalmente, se trata a todos los productos como un caso general bajo una misma estrategia de administración.

Lo arriba mencionado, me lleva a plasmar algunos de los aprendizajes más importantes del presente documento a nivel general:

- La estratificación de los productos es la base para el desarrollo de una administración eficiente y efectiva de un inventario, ya que cada clase significa un control y manejo diferente.
- La administración de un inventario no puede funcionar correctamente si se desconoce la demanda del producto. Cualquier política de inventario que se desee seguir, deberá estar basada en lo que la compañía espera de dicho producto y deberá estar ligada a la estrategia de venta.
- En todas las teorías, se asumen comportamientos que deben permanecer estáticos para que la teoría funcione, pero es obligación de la compañía mantener un control sobre los parámetros que dictan la teoría, ya que normalmente dichos comportamientos no están tan bien definidos y pueden ocasionar resultados no esperados si se aplica en dos entornos diferentes.

Para el caso de la compañía X donde se simuló la metodología planteada, se encontraron los siguientes puntos críticos en el desarrollo:

- El requerimiento de un nivel de servicio en órdenes es un factor decisivo para encontrar los niveles de servicio en líneas por categoría, los cuales, deben de estar arriba de un 95% para lograr el 90% en órdenes, esto considerando que se miden solamente los productos con más de 1 transacción.

- Una gran cantidad de sus productos poseen una cantidad baja de transacciones anuales (1 a 9 transacciones), lo que complica el uso de un pronóstico. Se decidió utilizar la distribución Poisson para obtener un mejor resultado.
- Las cantidades de venta son un factor importante al momento de obtener los parámetros de venta pues en varios de los productos, la venta mensual está dada en una sola transacción, por lo que dividir dicha venta en un promedio, tiende a disminuir la probabilidad de disponibilidad. En este caso, se resolvió tomando la mayor cantidad vendida en una sola transacción para cada producto, cuando el punto de reorden fuera menor a ella, también se recomendó utilizar la venta que nos diera el 90% de disponibilidad en lugar de tomar el máximo.
- La demanda en cantidad vendida mensual posee una variación muy alta, lo que genera que el sistema no sea estable y por lo tanto requiera de mucho inventario para satisfacer los niveles de servicio esperados. En este punto, se recomienda estudiar más a fondo las causas de dicha variabilidad, que puede estar siendo causada por una mala alimentación de ventas en el sistema, o bien por cambios reales en la demanda.

Algunas de las recomendaciones para la empresa X son:

- Debido a la alta variación en su demanda, es recomendable estudiar las causas de la variabilidad que como ya se comentó pueden ser por causas tales como cambio en la demanda por: rotación alta de clientes, ingreso a nuevos mercados, ingreso de productos nuevos, estacionalidad de sus productos, entre otros; o bien por una captación errónea de la demanda.
- El uso de la demanda perdida como parte de su pronóstico.
- Para proveedores nacionales, el uso del sistema periódico (y posiblemente, conlleve el uso de EOQ) como estrategia de administración de inventario para minimizar riesgos y mejorar el control de entregas y costos de transportación.
- La reducción de los tiempos de entrega por parte de los proveedores, genera que en una empresa donde la variedad de producto es tan alta, se pueda mantener una variedad muy grande de productos en pocas cantidades, sin afectar el nivel de servicio ni las vueltas de inventario.

El objetivo del estudio era mostrar la relación de las variables que interfieren en el desarrollo de una estrategia de administración de inventario, y al final, cada una de las

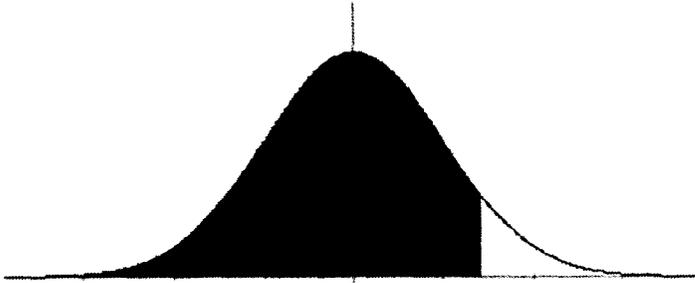
recomendaciones y aprendizajes, muestran las dificultades que existen cuando se desea relacionar las teorías entre sí y con los casos específicos. Existen muchos otros estudios que se pueden continuar a partir de esto, que llevarán a búsquedas de categorías de productos con características muy específicas que logren mantener la visión de dichos productos más clara que si se dejan dentro de un grupo general.

El aprendizaje mas grande de esta investigación, y sobre lo que se centró cada una de las fases que se iban desarrollando en la metodología, es aprender a minimizar el error.

5. Anexos

Anexo 1. Tabla de la Distribución Normal

$$P(Z \leq z) = \Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$



| z | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.5 | 0.504 | 0.508 | 0.512 | 0.516 | 0.5199 | 0.5239 | 0.5279 | 0.5319 | 0.5359 |
| 0.1 | 0.5398 | 0.5438 | 0.5478 | 0.5517 | 0.5557 | 0.5596 | 0.5636 | 0.5675 | 0.5714 | 0.5753 |
| 0.2 | 0.5793 | 0.5832 | 0.5871 | 0.591 | 0.5948 | 0.5987 | 0.6026 | 0.6064 | 0.6103 | 0.6141 |
| 0.3 | 0.6179 | 0.6217 | 0.6255 | 0.6293 | 0.6331 | 0.6368 | 0.6406 | 0.6443 | 0.648 | 0.6517 |
| 0.4 | 0.6554 | 0.6591 | 0.6628 | 0.6664 | 0.67 | 0.6736 | 0.6772 | 0.6808 | 0.6844 | 0.6879 |
| 0.5 | 0.6915 | 0.695 | 0.6985 | 0.7019 | 0.7054 | 0.7088 | 0.7123 | 0.7157 | 0.719 | 0.7224 |
| 0.6 | 0.7257 | 0.7291 | 0.7324 | 0.7357 | 0.7389 | 0.7422 | 0.7454 | 0.7486 | 0.7517 | 0.7549 |
| 0.7 | 0.758 | 0.7611 | 0.7642 | 0.7673 | 0.7704 | 0.7734 | 0.7764 | 0.7794 | 0.7823 | 0.7852 |
| 0.8 | 0.7881 | 0.791 | 0.7939 | 0.7967 | 0.7995 | 0.8023 | 0.8051 | 0.8078 | 0.8106 | 0.8133 |
| 0.9 | 0.8159 | 0.8186 | 0.8212 | 0.8238 | 0.8264 | 0.8289 | 0.8315 | 0.834 | 0.8365 | 0.8389 |
| 1 | 0.8413 | 0.8438 | 0.8461 | 0.8485 | 0.8508 | 0.8531 | 0.8554 | 0.8577 | 0.8599 | 0.8621 |
| 1.1 | 0.8643 | 0.8665 | 0.8686 | 0.8708 | 0.8729 | 0.8749 | 0.877 | 0.879 | 0.881 | 0.883 |
| 1.2 | 0.8849 | 0.8869 | 0.8888 | 0.8907 | 0.8925 | 0.8944 | 0.8962 | 0.898 | 0.8997 | 0.9015 |
| 1.3 | 0.9032 | 0.9049 | 0.9066 | 0.9082 | 0.9099 | 0.9115 | 0.9131 | 0.9147 | 0.9162 | 0.9177 |
| 1.4 | 0.9192 | 0.9207 | 0.9222 | 0.9236 | 0.9251 | 0.9265 | 0.9279 | 0.9292 | 0.9306 | 0.9319 |
| 1.5 | 0.9332 | 0.9345 | 0.9357 | 0.937 | 0.9382 | 0.9394 | 0.9406 | 0.9418 | 0.9429 | 0.9441 |
| 1.6 | 0.9452 | 0.9463 | 0.9474 | 0.9484 | 0.9495 | 0.9505 | 0.9515 | 0.9525 | 0.9535 | 0.9545 |
| 1.7 | 0.9554 | 0.9564 | 0.9573 | 0.9582 | 0.9591 | 0.9599 | 0.9608 | 0.9616 | 0.9625 | 0.9633 |
| 1.8 | 0.9641 | 0.9649 | 0.9656 | 0.9664 | 0.9671 | 0.9678 | 0.9686 | 0.9693 | 0.9699 | 0.9706 |
| 1.9 | 0.9713 | 0.9719 | 0.9726 | 0.9732 | 0.9738 | 0.9744 | 0.975 | 0.9756 | 0.9761 | 0.9767 |
| 2 | 0.9772 | 0.9778 | 0.9783 | 0.9788 | 0.9793 | 0.9798 | 0.9803 | 0.9808 | 0.9812 | 0.9817 |
| 2.1 | 0.9821 | 0.9826 | 0.983 | 0.9834 | 0.9838 | 0.9842 | 0.9846 | 0.985 | 0.9854 | 0.9857 |
| 2.2 | 0.9861 | 0.9864 | 0.9868 | 0.9871 | 0.9875 | 0.9878 | 0.9881 | 0.9884 | 0.9887 | 0.989 |
| 2.3 | 0.9893 | 0.9896 | 0.9898 | 0.9901 | 0.9904 | 0.9906 | 0.9909 | 0.9911 | 0.9913 | 0.9916 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2.4 | 0.9918 | 0.992 | 0.9922 | 0.9925 | 0.9927 | 0.9929 | 0.9931 | 0.9932 | 0.9934 | 0.9936 |
| 2.5 | 0.9938 | 0.994 | 0.9941 | 0.9943 | 0.9945 | 0.9946 | 0.9948 | 0.9949 | 0.9951 | 0.9952 |
| 2.6 | 0.9953 | 0.9955 | 0.9956 | 0.9957 | 0.9959 | 0.996 | 0.9961 | 0.9962 | 0.9963 | 0.9964 |
| 2.7 | 0.9965 | 0.9966 | 0.9967 | 0.9968 | 0.9969 | 0.997 | 0.9971 | 0.9972 | 0.9973 | 0.9974 |
| 2.8 | 0.9974 | 0.9975 | 0.9976 | 0.9977 | 0.9977 | 0.9978 | 0.9979 | 0.9979 | 0.998 | 0.9981 |
| 2.9 | 0.9981 | 0.9982 | 0.9982 | 0.9983 | 0.9984 | 0.9984 | 0.9985 | 0.9985 | 0.9986 | 0.9986 |
| 3 | 0.9987 | 0.9987 | 0.9987 | 0.9988 | 0.9988 | 0.9989 | 0.9989 | 0.9989 | 0.999 | 0.999 |
| 3.1 | 0.999 | 0.9991 | 0.9991 | 0.9991 | 0.9992 | 0.9992 | 0.9992 | 0.9992 | 0.9993 | 0.9993 |
| 3.2 | 0.9993 | 0.9993 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9995 | 0.9995 | 0.9995 |
| 3.3 | 0.9995 | 0.9995 | 0.9995 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9997 |
| 3.4 | 0.9997 | 0.9998 |
| 3.5 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9998 |
| 3.6 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 |
| 3.7 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 |
| 3.8 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 |
| 3.9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Anexo 2. Tabla de la Distribución Poisson

| x | λ | | | | | | | | | |
|-----|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.00 |
| 0 | 0.9048 | 0.8187 | 0.7408 | 0.6703 | 0.6065 | 0.5488 | 0.4966 | 0.4493 | 0.4066 | 0.3679 |
| 1 | 0.9953 | 0.9825 | 0.9631 | 0.9384 | 0.9098 | 0.8781 | 0.8442 | 0.8088 | 0.7725 | 0.7358 |
| 2 | 0.9998 | 0.9989 | 0.9964 | 0.9921 | 0.9856 | 0.9769 | 0.9659 | 0.9526 | 0.9371 | 0.9197 |
| 3 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9997 | 0.9992 | 0.9982 | 0.9966 | 0.9942 | 0.9909 | 0.9865 | 0.9810 |
| 4 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9998 | 0.9996 | 0.9992 | 0.9986 | 0.9977 | 0.9963 |
| 5 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9998 | 0.9997 | 0.9994 |
| 6 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 |
| 7 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| x | 1.10 | 1.20 | 1.30 | 1.40 | 1.50 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 1.90 | 2.00 |
| 0 | 0.3329 | 0.3012 | 0.2725 | 0.2466 | 0.2231 | 0.2019 | 0.1827 | 0.1653 | 0.1496 | 0.1353 |
| 1 | 0.6990 | 0.6626 | 0.6268 | 0.5918 | 0.5578 | 0.5249 | 0.4932 | 0.4628 | 0.4337 | 0.4060 |
| 2 | 0.9004 | 0.8795 | 0.8571 | 0.8335 | 0.8088 | 0.7834 | 0.7572 | 0.7306 | 0.7037 | 0.6767 |
| 3 | 0.9743 | 0.9662 | 0.9569 | 0.9463 | 0.9344 | 0.9212 | 0.9068 | 0.8913 | 0.8747 | 0.8571 |
| 4 | 0.9946 | 0.9923 | 0.9893 | 0.9857 | 0.9814 | 0.9763 | 0.9704 | 0.9636 | 0.9559 | 0.9473 |
| 5 | 0.9990 | 0.9985 | 0.9978 | 0.9968 | 0.9955 | 0.9940 | 0.9920 | 0.9896 | 0.9868 | 0.9834 |
| 6 | 0.9999 | 0.9997 | 0.9996 | 0.9994 | 0.9991 | 0.9987 | 0.9981 | 0.9974 | 0.9966 | 0.9955 |
| 7 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 | 0.9997 | 0.9996 | 0.9994 | 0.9992 | 0.9989 |
| 8 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 | 0.9998 |
| 9 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |
| x | 2.10 | 2.20 | 2.30 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 2.70 | 2.80 | 2.90 | 3.00 |
| 0 | 0.1225 | 0.1108 | 0.1003 | 0.0907 | 0.0821 | 0.0743 | 0.0672 | 0.0608 | 0.0550 | 0.0498 |
| 1 | 0.3796 | 0.3546 | 0.3309 | 0.3084 | 0.2873 | 0.2674 | 0.2487 | 0.2311 | 0.2146 | 0.1991 |
| 2 | 0.6496 | 0.6227 | 0.5960 | 0.5697 | 0.5438 | 0.5184 | 0.4936 | 0.4695 | 0.4460 | 0.4232 |
| 3 | 0.8386 | 0.8194 | 0.7993 | 0.7787 | 0.7576 | 0.7360 | 0.7141 | 0.6919 | 0.6696 | 0.6472 |
| 4 | 0.9379 | 0.9275 | 0.9162 | 0.9041 | 0.8912 | 0.8774 | 0.8629 | 0.8477 | 0.8318 | 0.8153 |
| 5 | 0.9796 | 0.9751 | 0.9700 | 0.9643 | 0.9580 | 0.9510 | 0.9433 | 0.9349 | 0.9258 | 0.9161 |
| 6 | 0.9941 | 0.9925 | 0.9906 | 0.9884 | 0.9858 | 0.9828 | 0.9794 | 0.9756 | 0.9713 | 0.9665 |
| 7 | 0.9985 | 0.9980 | 0.9974 | 0.9967 | 0.9958 | 0.9947 | 0.9934 | 0.9919 | 0.9901 | 0.9881 |
| 8 | 0.9997 | 0.9995 | 0.9994 | 0.9991 | 0.9989 | 0.9985 | 0.9981 | 0.9976 | 0.9969 | 0.9962 |
| 9 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 | 0.9997 | 0.9996 | 0.9995 | 0.9993 | 0.9991 | 0.9989 |
| 10 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 | 0.9998 | 0.9997 |
| 11 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9999 |
| 12 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

ANEXO 3

| Código de producto | Proveedor (1 = Nacional, 10012 = Americano) | Tipo de producto | Venta en los últimos 12 meses (unidades de venta) | Desviación estándar de la venta últimos 12 meses (unidades de venta) | Transacciones anuales | Valor máximo vendido en una sola transacción | Promedio de tiempo de entrega real | Costo Unitario | ABC Actual de la compañía | Pronóstico mensual actual | Punto Reorden actual | Punto máximo inventario actual | Costo de venta |
|--------------------|---|------------------|---|--|-----------------------|--|------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------|
| 4HA97 | 10012 | TP | 1930 | 217.268596 | 9 | 500 | 15 | \$ 655.81 | A | 0 | 0 | 0 | \$ 1,265,713.30 |
| QB544 | 1 | CS | 749250 | 17923.1202 | 124 | 9000 | 3 | \$ 1.65 | AA | 0 | 0 | 0 | \$ 1,236,262.50 |
| QB541 | 1 | CS | 551 | 40.4013014 | 15 | 105 | 1.03 | \$ 1,485.83 | AC | 6.03 | 8 | 10 | \$ 818,692.33 |
| 2KVM8 | 1 | ST | 4341 | 103.537543 | 85 | 156 | 22.13 | \$ 178.10 | CC | 317.51 | 379 | 1521 | \$ 773,132.10 |
| QB545 | 1 | CS | 247550 | 6155.76073 | 119 | 5400 | 3 | \$ 1.75 | AA | 0 | 0 | 0 | \$ 433,212.50 |
| 2KWM6 | 1 | ST | 1786 | 69.1820173 | 77 | 108 | 13.86 | \$ 242.55 | CC | 120.51 | 73 | 506 | \$ 433,194.30 |
| QA712 | 1 | CS | 3482 | 97.9924239 | 45 | 288 | 19.63 | \$ 118.68 | CC | 448.12 | 358 | 1701 | \$ 413,226.35 |
| 2KPM2 | 1 | ST | 965 | 36.1347436 | 236 | 120 | 6.63 | \$ 402.10 | AA | 71.48 | 96 | 141 | \$ 388,026.50 |
| 3KN29 | 10012 | ST | 475 | 16.250641 | 184 | 39 | 3 | \$ 806.60 | AA | 43.3 | 37 | 64 | \$ 383,132.63 |
| 2KVM9 | 1 | ST | 2147 | 69.1710112 | 95 | 100 | 21.33 | \$ 178.10 | CC | 183.33 | 201 | 860 | \$ 392,380.70 |
| 2KWM0 | 1 | ST | 1989 | 65.1880148 | 110 | 84 | 13.4 | \$ 178.10 | CC | 158.99 | 216 | 787 | \$ 354,240.90 |
| 2JZM0 | 1 | ST | 2797 | 136.873172 | 506 | 400 | 44.25 | \$ 123.05 | AA | 393.33 | 798 | 1053 | \$ 344,156.87 |
| 2MCM3 | 1 | ST | 264 | 38 | 32 | 80 | 25.92 | \$ 1,290.30 | AA | 2.02 | 54 | 54 | \$ 340,639.20 |
| 1UG96 | 10012 | TP | 238 | 10.1249766 | 97 | 17 | 15 | \$ 1,399.80 | AA | 16.12 | 29 | 38 | \$ 333,152.40 |
| 2KJ93 | 1 | ST | 235 | 8.65981664 | 152 | 11 | 3.19 | \$ 1,399.19 | AA | 12.59 | 26 | 32 | \$ 328,808.48 |
| QB480 | 1 | CS | 3350 | 135.610293 | 24 | 200 | 23.69 | \$ 92.52 | AB | 207.72 | 725 | 828 | \$ 309,925.25 |
| 4FG03 | 10012 | ST | 8939 | 382.976253 | 588 | 800 | 3 | \$ 34.48 | AA | 856.04 | 477 | 947 | \$ 308,172.03 |
| 2KWM4 | 1 | ST | 1230 | 56.3406845 | 69 | 65 | 22.83 | \$ 242.55 | CC | 156 | 147 | 708 | \$ 298,336.50 |
| 1KX95 | 1 | ST | 441 | 30.9343146 | 84 | 69 | 11.11 | \$ 618.06 | AA | 41.59 | 99 | 121 | \$ 272,562.26 |
| 2JZM1 | 1 | ST | 2185 | 85.1612997 | 461 | 200 | 32.01 | \$ 123.05 | AA | 371.31 | 588 | 828 | \$ 268,853.33 |
| 1ZM39 | 1 | ST | 1775 | 89.3089208 | 217 | 218 | 5.35 | \$ 150.90 | AA | 141.09 | 163 | 240 | \$ 267,838.63 |
| 2EUM8 | 1 | ST | 3813 | 121.044038 | 385 | 360 | 11.73 | \$ 69.54 | AA | 281.09 | 570 | 724 | \$ 265,136.96 |
| 4YX97 | 1 | ST | 214 | 6.61724103 | 144 | 6 | 4.69 | \$ 1,236.08 | AA | 22.36 | 19 | 33 | \$ 264,521.12 |
| 2JYM9 | 1 | ST | 2136 | 131.913884 | 376 | 400 | 47.7 | \$ 123.05 | AA | 277.36 | 755 | 934 | \$ 262,624.12 |
| 6K271 | 1 | ST | 376 | 25.158889 | 25 | 55 | 1.48 | \$ 692.94 | AC | 0 | 16 | 16 | \$ 260,545.44 |
| 2FGM4 | 1 | ST | 460 | 22.1988261 | 138 | 50 | 9.81 | \$ 545.05 | AA | 30.6 | 50 | 66 | \$ 250,720.70 |
| 2P332 | 10012 | ST | 131 | 6.73469083 | 86 | 10 | 3 | \$ 1,896.57 | AA | 9.72 | 11 | 15 | \$ 248,450.67 |
| 1WR89 | 1 | ST | 31 | 3.50396601 | 17 | 4 | 15.5 | \$ 7,554.63 | AC | 0 | 0 | 0 | \$ 234,193.38 |
| 4R971 | 10012 | ST | 102 | 4.58257569 | 72 | 10 | 3 | \$ 2,273.56 | AA | 6.12 | 10 | 12 | \$ 231,903.12 |
| 2W778 | 10012 | ST | 26534 | 769.22001 | 567 | 980 | 3 | \$ 8.72 | AA | 1947.39 | 1089 | 2159 | \$ 231,376.48 |
| QB836 | 1 | CS | 384 | 0 | 2 | 334 | 3 | \$ 593.50 | N | 0.37 | 1 | 1 | \$ 227,904.00 |
| 1HP55 | 1 | ST | 553 | 21.2750743 | 104 | 25 | 9.88 | \$ 405.38 | AA | 56 | 112 | 142 | \$ 224,175.14 |
| 4YF76 | 10012 | ST | 639 | 28.1428983 | 254 | 20 | 3 | \$ 350.20 | AA | 69.61 | 48 | 92 | \$ 223,774.61 |
| 2W779 | 10012 | ST | 11744 | 365.563906 | 291 | 600 | 3 | \$ 17.56 | AA | 924.27 | 513 | 1020 | \$ 206,165.92 |
| QB508 | 1 | CS | 57500 | 2115.50911 | 26 | 2500 | 7.97 | \$ 3.59 | AB | 4083.33 | 10544 | 12585 | \$ 206,137.50 |
| 3VN09 | 10012 | ST | 10257 | 847.576666 | 13 | 1300 | 3 | \$ 20.00 | C | 0 | 0 | 0 | \$ 205,140.00 |
| 6D010 | 10012 | ST | 10388 | 439.195615 | 569 | 300 | 3 | \$ 18.83 | AA | 843.07 | 544 | 1007 | \$ 195,554.10 |
| QB631 | 1 | CS | 162 | 13.6747943 | 7 | 40 | 59.82 | \$ 1,206.88 | A | 0 | 0 | 0 | \$ 195,513.75 |
| 2W878 | 1 | ST | 224 | 12.4486825 | 48 | 20 | 10.77 | \$ 870.35 | AA | 16.4 | 17 | 25 | \$ 194,958.40 |
| QB780 | 1 | CS | 163 | 57.3076493 | 2 | 143 | 12.71 | \$ 1,193.00 | CC | 0 | 0 | 0 | \$ 194,459.00 |
| 2KWM5 | 1 | ST | 780 | 36.8016798 | 74 | 38 | 9.14 | \$ 242.55 | CC | 63 | 57 | 283 | \$ 189,189.00 |
| 2FAM6 | 1 | ST | 2102 | 96.6388152 | 208 | 290 | 4.66 | \$ 89.95 | AA | 144.08 | 207 | 285 | \$ 189,064.39 |
| 2EZM4 | 1 | ST | 2625 | 71.8041845 | 296 | 60 | 5.46 | \$ 71.55 | AA | 208.36 | 320 | 434 | \$ 187,805.63 |
| 5Z056 | 10012 | ST | 186 | 10.664299 | 96 | 10 | 3 | \$ 1,007.97 | AA | 15.97 | 22 | 31 | \$ 187,482.42 |
| 1HM79 | 1 | ST | 2092 | 114.155662 | 352 | 80 | 5.18 | \$ 88.25 | AA | 175.34 | 210 | 305 | \$ 184,608.54 |
| 3ME12 | 10012 | ST | 330 | 27.6816316 | 21 | 30 | 3 | \$ 554.63 | AB | 33 | 44 | 60 | \$ 183,027.90 |
| 5JT97 | 10012 | TP | 292 | 81.7573646 | 2 | 196 | 15 | \$ 620.18 | B | 0 | 0 | 0 | \$ 181,091.10 |
| 2FAM5 | 1 | ST | 2524 | 208.584987 | 120 | 60 | 3.43 | \$ 71.38 | AA | 213.45 | 332 | 448 | \$ 180,163.12 |
| QB514 | 1 | CS | 1205 | 55.5656178 | 45 | 70 | 13.33 | \$ 149.00 | AB | 37.6 | 86 | 104 | \$ 179,538.98 |
| 5LA79 | 1 | ST | 180 | 8.15753974 | 126 | 7 | 11.27 | \$ 993.30 | AA | 17 | 16 | 24 | \$ 178,794.00 |

ANEXO 4

| Código de producto | Transacciones anuales | Costo de venta | % costo venta | % Costo venta acumulado | ABC 1 er Dígito | ABC 2o Dígito | ABC Calculado | Vueltas Inventario Deseadas | Valor de z | Desviación estándar de tiempo de entrega | Inventario de Seguridad calculado | Punto de reorden calculado | Cantidad a ordenar calculado | Cantidad a ordenar en meses de pronóstico | Punto máximo calculado | Valor de punto máximo calculado |
|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------|--|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|---|------------------------|---------------------------------|
| 4HA97 | 9 | \$ 1,265,713.30 | 0.93% | 0.93% | A | C | AC | 6 | 1.65 | 9.4 | 500 | 500 | 0 | 0 | 500 | 327905 |
| QB544 | 124 | \$ 1,236,262.50 | 0.91% | 1.83% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 62626.83268 | 68786 | 124497 | 1.993945946 | 193283 | 318916.95 |
| QB541 | 15 | \$ 818,692.33 | 0.60% | 2.43% | A | B | AB | 6 | 1.65 | 20.97 | 52.35243961 | 54 | 79 | 1.720508167 | 133 | 197615.39 |
| 2KVM8 | 85 | \$ 773,132.10 | 0.57% | 3.00% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 367.0222017 | 631 | 713 | 1.97097443 | 1344 | 239366.4 |
| QB545 | 119 | \$ 433,212.50 | 0.32% | 3.32% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 20694.76883 | 22730 | 41128 | 1.993682084 | 63858 | 111751.5 |
| 2KWM6 | 77 | \$ 433,194.30 | 0.32% | 3.63% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 152.2863146 | 221 | 291 | 1.955207167 | 512 | 124185.6 |
| QA712 | 45 | \$ 413,226.35 | 0.30% | 3.94% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 295.3001377 | 483 | 571 | 1.967834578 | 1054 | 125083.45 |
| 2KPM2 | 236 | \$ 388,026.50 | 0.28% | 4.22% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 81.30868384 | 99 | 160 | 1.989637306 | 259 | 104143.9 |
| 3KN29 | 184 | \$ 383,132.63 | 0.28% | 4.50% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 15.84059631 | 20 | 127 | 3.208421053 | 147 | 118569.465 |
| 2KVM9 | 95 | \$ 382,380.70 | 0.28% | 4.78% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 183.3190066 | 309 | 350 | 1.956217979 | 659 | 117367.9 |
| 2KWM0 | 110 | \$ 354,240.90 | 0.26% | 5.04% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 168.4810666 | 242 | 327 | 1.972850679 | 569 | 101338.9 |
| 2JZM0 | 506 | \$ 344,156.87 | 0.25% | 5.29% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 258.4341941 | 598 | 416 | 1.784769396 | 1014 | 124767.63 |
| 2MCM3 | 32 | \$ 340,639.20 | 0.25% | 5.54% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 32.2778578 | 52 | 24 | 1.090909091 | 76 | 98062.8 |
| 1UG96 | 97 | \$ 333,152.40 | 0.24% | 5.79% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 9.4 | 15.06078813 | 25 | 50 | 2.521008403 | 75 | 104985 |
| 2KJ93 | 152 | \$ 328,808.48 | 0.24% | 6.03% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 19.6973197 | 22 | 39 | 1.991489362 | 61 | 85350.285 |
| QB480 | 24 | \$ 309,925.25 | 0.23% | 6.26% | A | B | AB | 6 | 1.65 | 20.97 | 322.6420284 | 541 | 472 | 1.690746269 | 1013 | 93717.695 |
| 4FG03 | 588 | \$ 308,172.03 | 0.23% | 6.48% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 302.0546189 | 376 | 2376 | 3.189618526 | 2752 | 94875.2 |
| 2KWM4 | 69 | \$ 298,336.50 | 0.22% | 6.70% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 107.7465119 | 185 | 195 | 1.902439024 | 380 | 92169 |
| 1KX95 | 84 | \$ 272,562.26 | 0.20% | 6.90% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 38.88354125 | 53 | 70 | 1.904761905 | 123 | 76020.765 |
| 2JZM1 | 461 | \$ 268,853.33 | 0.20% | 7.10% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 191.5378667 | 384 | 346 | 1.900228833 | 730 | 89822.85 |
| 1ZM39 | 217 | \$ 267,838.63 | 0.20% | 7.29% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 150.2214277 | 177 | 292 | 1.974084507 | 469 | 70769.755 |
| 2EUM8 | 385 | \$ 265,136.96 | 0.19% | 7.49% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 322.1231654 | 445 | 627 | 1.97324941 | 1072 | 74541.52 |
| 4YX97 | 144 | \$ 264,521.12 | 0.19% | 7.68% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 17.94002915 | 21 | 36 | 2.018691589 | 57 | 70456.56 |
| 2JYM9 | 376 | \$ 262,824.12 | 0.19% | 7.87% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 210.013627 | 490 | 292 | 1.640449438 | 782 | 96221.19 |
| 6K271 | 25 | \$ 260,545.44 | 0.19% | 8.07% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 31.59216292 | 34 | 63 | 2.010638298 | 97 | 67215.18 |
| 2FGM4 | 138 | \$ 250,720.70 | 0.18% | 8.25% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 39.30483357 | 52 | 75 | 1.956521739 | 127 | 69220.715 |
| 2P332 | 86 | \$ 248,450.67 | 0.18% | 8.43% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 4.495869984 | 6 | 35 | 3.20610687 | 41 | 77759.37 |
| 1WR89 | 17 | \$ 234,193.38 | 0.17% | 8.60% | A | B | AB | 6 | 1.65 | 20.97 | 3.171004187 | 5 | 4 | 1.548387097 | 9 | 67991.625 |
| 4R971 | 72 | \$ 231,903.12 | 0.17% | 8.77% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 3.458942405 | 5 | 28 | 3.294117647 | 33 | 75027.48 |
| 2W778 | 567 | \$ 231,376.48 | 0.17% | 8.94% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 878.9942661 | 1098 | 7087 | 3.205095349 | 8185 | 71373.2 |
| QB836 | 2 | \$ 227,904.00 | 0.17% | 9.11% | A | D | AD | 6 | 1.65 | 31.47 | 334 | 334 | 0 | 0 | 334 | 198229 |
| 1HP55 | 104 | \$ 224,175.14 | 0.16% | 9.27% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 46.85380385 | 62 | 91 | 1.974683544 | 153 | 62023.14 |
| 4YF76 | 254 | \$ 223,774.61 | 0.16% | 9.44% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 21.63612529 | 27 | 170 | 3.192488263 | 197 | 68988.415 |
| 2W779 | 291 | \$ 206,165.92 | 0.15% | 9.59% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 390.0597308 | 487 | 3135 | 3.203337875 | 3622 | 63584.21 |
| QB508 | 26 | \$ 206,137.50 | 0.15% | 9.74% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 4852.3842 | 6108 | 9462 | 1.974678261 | 15570 | 55818.45 |
| 3VN09 | 13 | \$ 205,140.00 | 0.15% | 9.89% | A | B | AB | 6 | 1.65 | 5.1 | 268.3181211 | 353 | 2883 | 3.372916057 | 3236 | 64720 |
| 6D010 | 569 | \$ 195,554.10 | 0.14% | 10.03% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 350.687735 | 437 | 2762 | 3.190604544 | 3199 | 60221.175 |
| QB631 | 7 | \$ 195,513.75 | 0.14% | 10.18% | A | C | AC | 6 | 1.65 | 29.46 | 40 | 40 | 0 | 0 | 40 | 48275 |
| 2W878 | 48 | \$ 194,958.40 | 0.14% | 10.32% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 19.34177443 | 26 | 36 | 1.928571429 | 62 | 53961.7 |
| QB780 | 2 | \$ 194,459.00 | 0.14% | 10.46% | A | D | AD | 6 | 1.65 | 31.47 | 143 | 143 | 0 | 0 | 143 | 170599 |
| 2KWM5 | 74 | \$ 189,189.00 | 0.14% | 10.60% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 66.47741967 | 87 | 128 | 1.969230769 | 215 | 52148.25 |
| 2FAM6 | 208 | \$ 189,064.39 | 0.14% | 10.74% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 177.2123427 | 205 | 347 | 1.980970504 | 552 | 49649.64 |
| 2EZM4 | 296 | \$ 187,805.63 | 0.14% | 10.88% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 219.9658451 | 260 | 436 | 1.993142857 | 696 | 49795.32 |
| 5Z056 | 96 | \$ 187,482.42 | 0.14% | 11.01% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 5.1 | 6.460887615 | 8 | 50 | 3.225806452 | 58 | 58462.26 |
| 1HM79 | 352 | \$ 184,608.54 | 0.14% | 11.15% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 177.3949986 | 208 | 343 | 1.96749522 | 551 | 48622.995 |
| 3ME12 | 21 | \$ 183,027.90 | 0.13% | 11.28% | A | B | AB | 6 | 1.65 | 5.1 | 8.661961615 | 12 | 93 | 3.381818182 | 105 | 58236.15 |
| 5JT97 | 2 | \$ 181,091.10 | 0.13% | 11.42% | A | D | AD | 6 | 1.65 | 9.4 | 196 | 196 | 0 | 0 | 196 | 121554.3 |
| 2FAM5 | 120 | \$ 180,163.12 | 0.13% | 11.55% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 215.7910559 | 240 | 410 | 1.949286846 | 650 | 46397 |
| QB514 | 45 | \$ 179,538.98 | 0.13% | 11.68% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 103.5366247 | 148 | 195 | 1.941908714 | 343 | 51105.285 |
| 5LA79 | 126 | \$ 178,794.00 | 0.13% | 11.81% | A | A | AA | 6 | 2.33 | 13.07 | 15.38486671 | 21 | 30 | 2 | 51 | 50658.3 |

6. Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación por costo de venta.

Tabla 2. Clasificación por transacciones anuales.

Tabla 3. Clasificación de ABC para el total de inventario con 1 o más transacciones.

Tabla 4. Distribución de productos por ABC.

Tabla 5. Relación de líneas por órdenes de clientes colocadas.

Tabla 6. Nivel de Servicio esperado en líneas con la combinación sugerida de nivel de servicio por clasificación.

Tabla 7. Probabilidad de disponibilidad en órdenes multiplicado por la probabilidad de disponibilidad en líneas, obteniendo un nivel de servicio final de 90%.

Tabla 8. Tiempos de entrega promedio de proveedores por clasificación de transacciones dado en días calendario.

Tabla 9. Probabilidad Poisson para 1 a 24 transacciones anuales con 15 días de tiempo de entrega.

Tabla 10. Nueva clasificación por transacciones anuales.

Tabla 11. Clasificación de ABC para el total de inventario con 1 o más transacciones.

Tabla 12. Promedio de piezas vendidas de 1 a 9 transacciones anuales

Tabla 13. Comparación de inventario de seguridad para 2 transacciones.

Tabla 14. Tiempos de entrega promedio de productos nacionales.

Tabla 15. Tiempos de entrega promedio de productos americanos según el tipo de producto.

7. Referencias o bibliografía

1. All Inventory is not Created Equal... Inventory Classification Innovation "Paving the Way for Electronic Commerce and Vendor Managed Inventory", Russell G. Broeckelmann, United States of America, 1999, CRC Press LLC.
2. Métodos de Pronósticos, Makridakis y Wheelwright, México, D.F., México, 1998, Editorial Limusa S.A. de C.V.
3. Operations Management, William J. Stevenson, New York, USA, 2002, McGraw-Hill Companies.
4. (<http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/supplements/units/inventory/inventory.pdf>), Febrero 2008.
5. (http://books.google.com.mx/books?id=ii5xqLQ5VLqC&pg=PA335&lpg=PA335&dq=planeaci%C3%B3n+inventario&source=web&ots=u0_DjiFr9h&sig=M8tS0ppl30_y1NOYEkcJPfwV3ao&hl=es#PPA339,M1), Febrero 2008.
6. Factory Physics, Wallace J. Hopp y Mark L. Spearman, 2000, McGrawHill, segunda edición.
7. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva, Richard B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano, 2006, McGrawHill, décima edición.
8. The practical Calculation for Reorder Point, Byron O. Marshall Jr y William P. Boggess II, 1957, Operations Research Society of America, Vol. 5, pág 513-517.
9. Introduction to Probability Models, Wayne L. Winston, 2004, Thomson Learning Inc., cuarta edición.
10. <http://www.effectiveinventory.com/article18.html>
11. Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Kreyszig, 2001, Editorial Limusa S.A. de C.V., tercera edición.
12. Inventory Management and Production Planning and Scheduling, Edward A. Silver et al, 1998, John Wiley and Sons.
13. Managing Purchasing organizing, planning and control, Brian Farrington y Derek W. F. Waters, 1994, Chapman and Hall, primera edición.

