



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE GRADUADOS EN CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE NEGOCIOS

TRABAJO FINAL DE APLICACIÓN

***“Determinación de Stock Óptimo para un negocio del rubro
Ferretero”***

Autor: Cr. Francisco Alberto Coluccini

Tutor: Ing. MBA Walter Abrigo

Córdoba

2016



Determinación de Stock Óptimo para un negocio del rubro Ferretero” por Francisco Alberto Coluccini se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Agradecimientos

El presente trabajo representa la culminación de un ciclo de formación académica, que tuve el privilegio de compartir junto a la cohorte 2012, con quienes quedo sumamente agradecido por el apoyo y las experiencias compartidas. Así también agradezco a los Profesores que con dedicación y empeño, favorecieron y enriquecieron mi nivel académico.

Agradezco especialmente a mi tutor, Walter Abrigo, por la dedicación, las observaciones, correcciones y sugerencias que hicieron posible este trabajo.

A mi esposa por ser mi sostén y apoyo incondicional en todo lo que hago, y a mi familia, padres y hermanos, por haberme proporcionado todo lo necesario para llegar a esta instancia.

Índice de Contenidos

| | |
|--|---------------|
| PRESENTACIÓN DEL PROYECTO | - 1 - |
| I. RESUMEN | - 1 - |
| II. MARCO TEÓRICO | - 1 - |
| III. METODOLOGÍA | - 2 - |
| IV. OBJETIVOS DEL TRABAJO..... | - 3 - |
| V. LÍMITES O ALCANCE DEL TRABAJO | - 3 - |
| VI. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO..... | - 4 - |
| VII. INTRODUCCIÓN | - 5 - |
| DESARROLLO DEL PROYECTO | - 7 - |
| CAPÍTULO 1 | - 7 - |
| 1. INTRODUCCIÓN CONCEPTUAL. ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. GESTIÓN DE INVENTARIOS Y STOCK ÓPTIMO..... | - 7 - |
| 1.1 ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. CONCEPTO..... | - 7 - |
| 1.2 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. CONCEPTO | - 12 - |
| 1.2.1 <i>Características de Gestión de la Cadena de Suministro</i> | - 13 - |
| 1.3 GESTIÓN DE INVENTARIOS..... | - 14 - |
| 1.3.1 <i>Definición de Inventarios:</i> | - 15 - |
| 1.3.2 <i>Función de los Inventarios:</i> | - 15 - |
| 1.3.3 <i>Tipos de Inventarios:</i> | - 15 - |
| 1.3.4 <i>Inventario Físico:</i> | - 17 - |
| 1.3.5 <i>Importancia del Inventario:</i> | - 18 - |
| CAPÍTULO 2..... | - 23 - |
| 2. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA..... | - 23 - |
| 2.1 INTRODUCCIÓN A LOS PRONÓSTICOS DE DEMANDA | - 23 - |
| 2.1.1 <i>Introducción</i> | - 23 - |
| 2.1.2 <i>Naturaleza de los Sistemas de Pronóstico</i> | - 23 - |
| 2.1.3 <i>Ambiente general de un sistema de pronósticos</i> | - 24 - |
| 2.1.4 <i>El sistema de pronósticos y la clasificación ABC</i> | - 27 - |
| CAPÍTULO 3..... | - 29 - |
| 3. MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS. | - 29 - |
| 3.1 MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS CON DEMANDA DETERMINÍSTICA | - 29 - |
| 3.1.1 <i>Introducción</i> | - 29 - |
| 3.1.2 <i>El modelo básico del lote económico de pedido (EOQ)</i> | - 29 - |
| 3.1.3 <i>El concepto del Costo Total Relevante (TRC)</i> | - 30 - |

| | |
|--|---------------|
| 3.2 MÉTODOS DE CONTROL DE INVENTARIOS CON DEMANDA PROBABILÍSTICA | - 32 - |
| 3.2.1 Introducción | - 32 - |
| 3.2.2 Definiciones Básicas..... | - 32 - |
| 3.2.3 Requisiciones pendientes u órdenes perdidas | - 33 - |
| 3.2.4 Preguntas básicas para el control de inventarios | - 34 - |
| 3.2.5 Formas de revisión del nivel de inventario..... | - 34 - |
| 3.2.6 Tipos de Sistemas de Control..... | - 36 - |
| 3.2.6.1 Sistema (s, Q) | - 36 - |
| 3.2.6.2 Sistema (s, S)..... | - 37 - |
| 3.2.6.3 Sistema (R, S) | - 38 - |
| 3.2.6.4 Sistema (R, s, S) | - 39 - |
| 3.2.7 Criterios para la selección de inventarios de seguridad para ítems individuales..... | - 39 - |
| 3.2.7.1 Inventario de seguridad basado en factores constantes | - 40 - |
| 3.2.7.2 Inventario de seguridad basado en el costo de faltantes | - 40 - |
| 3.2.7.3 Inventario de seguridad basado en el servicio al cliente | - 41 - |
| 3.2.8 EL SISTEMA (s, Q)..... | - 43 - |
| 3.2.8.1 Supuestos básicos y notación | - 44 - |
| 3.2.8.2 Notación básica..... | - 45 - |
| 3.2.8.3 Metodología general para determinar el punto de reorden s..... | - 46 - |
| 3.2.8.4 Costo total relevante | - 47 - |
| 3.2.9 EL SISTEMA (R, S) | - 48 - |
| CAPÍTULO 4..... | - 51 - |
| 4. PARTICULARIDADES DEL RUBRO FERRETERO. PRINCIPIOS DE ALMACENAJE. ESTRATEGIA DE LAS 5´S. | - 51 - |
| 4.1 SIGNIFICADO Y CONTEXTO DE UN NEGOCIO FERRETERO | - 51 - |
| 4.2 PRINCIPIOS DE ALMACENAJE. | - 52 - |
| 4.3 ¿QUÉ ES LA ESTRATEGIA DE LAS 5´S? | - 53 - |
| 4.3.1 SEIRI – Clasificación | - 55 - |
| 4.3.2 SEITON – Ordenar | - 56 - |
| 4.3.3 SEISO – Limpieza | - 57 - |
| 4.3.4 SEIKETSU – Limpieza Estandarizada..... | - 59 - |
| 4.3.5 SHITSUKE – Disciplina | - 61 - |
| CAPÍTULO 5..... | - 63 - |
| 5. RELEVAMIENTO DEL INVENTARIO DE UNA FERRETERÍA | - 63 - |
| 5.1 ANÁLISIS ABC..... | - 63 - |
| 5.2 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS A ANALIZAR..... | - 65 - |
| 5.3 DEMANDA ESTIMADA..... | - 65 - |
| CAPÍTULO 6..... | - 73 - |

| | |
|--|---------------|
| 6. APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS ANALIZADAS DE DETERMINACIÓN DE STOCK ÓPTIMO..... | - 73 - |
| 6.1 DATOS..... | - 73 - |
| 6.2 APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE STOCK..... | - 74 - |
| CONCLUSIONES FINALES | - 82 - |
| BIBLIOGRAFÍA | - 84 - |
| ANEXOS | - 85 - |

Índice de Gráficos

| | |
|--|--------|
| GRÁFICO 2.1 – SISTEMA DE PRONÓSTICO – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 25 - |
| GRÁFICO 2.2 – COSTOS EN UN SISTEMA DE PRONÓSTICO – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005) | - 27 - |
| GRÁFICO 3.1. NIVEL DE INVENTARIO PARA DETERMINAR EL TAMAÑO ÓPTIMO DE PEDIDO - FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 31 - |
| GRAFICO 3.2 – EL SISTEMA DE INVENTARIO (S,Q) – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 43 - |
| GRAFICO 3.3 – METODOLOGÍA PARA ESTABLECER EL PUNTO DE REORDEN S – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 46 - |
| GRAFICO 3.4 – SISTEMA DE INVENTARIO (R, S) – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 48 - |
| GRAFICO 4.1 – ESTRATEGIA 5´S – FUENTE: (CERDA) | - 54 - |
| GRÁFICO 5.1 – ANÁLISIS ABC - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 64 - |

Índice de Tablas

| | |
|--|--------|
| TABLA 2.1 – PRONÓSTICOS Y SISTEMA ABC – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 28 - |
| TABLA 3.1 - COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE REVISIÓN CONTINUA Y LOS DE REVISIÓN PERIÓDICA - FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 35 - |
| TABLA 3.2 – SISTEMA DE INVENTARIO (R, S), DIFERENCIAS SISTEMA (S,Q) – FUENTE: (VIDAL HOLGUÍN, 2005)..... | - 49 - |
| TABLA 5.1 – ANÁLISIS ABC - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 63 - |
| TABLA 5.2 – SELECCIÓN DE ARTÍCULOS A ANALIZAR - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 65 - |
| TABLA 5.3 – DEMANDA PRONOSTICADA SEGÚN CRYSTAL BALL L- FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 66 - |
| TABLA 6.1 – PARÁMETROS OBTENIDOS POR EL CRYSTAL BALL - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 73 - |
| TABLA 6.2 – SIGNIFICADO DE LOS PARÁMETROS - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 73 - |
| TABLA 6.3 – PARÁMETROS DE ARTÍCULOS A ANALIZAR - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | - 74 - |
| TABLA 6.4 – SISTEMA (S, Q) ARTÍCULO A1 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 74 - |
| TABLA 6.5 – SISTEMA (R, S) ARTÍCULO A1 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 75 - |
| TABLA 6.6 – SISTEMA (S, Q) ARTÍCULO A2 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 76 - |
| TABLA 6.7 – SISTEMA (R, S) ARTÍCULO A2 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 76 - |
| TABLA 6.8 – SISTEMA (S, Q) ARTÍCULO B1 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 77 - |
| TABLA 6.9 – SISTEMA (R, S) ARTÍCULO B1 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 77 - |
| TABLA 6.10 – SISTEMA (S, Q) ARTÍCULO B2 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 78 - |

| | |
|--|--------|
| TABLA 6.11 – SISTEMA (R, S) ARTÍCULO B2 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 79 - |
| TABLA 6.12 – SISTEMA (S, Q) ARTÍCULO C1 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 79 - |
| TABLA 6.13 – SISTEMA (R, S) ARTÍCULO C1 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 80 - |
| TABLA 6.14 – SISTEMA (S, Q) ARTÍCULO C2 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 81 - |
| TABLA 6.15 – SISTEMA (R, S) ARTÍCULO C2 - FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA | - 81 - |

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

I. Resumen

Una de las características diferenciales del negocio del rubro Ferretero es la cantidad significativa de artículos que se presentan, dada la diversidad de demandas que pueden atenderse y el amplio mercado de este tipo de negocios. Dichos artículos tienen diferencias notables en cuanto a la rotación, como así también en el margen de rentabilidad.

Dado que los recursos que se disponen generalmente son escasos o limitados, sobre todo cuando el negocio todavía no se ha consolidado, es fundamental establecer un stock de mercadería que sea el más conveniente de acuerdo a diferentes variables, siendo las de mayor relevancia la demanda objetivo y el margen de rentabilidad del negocio.

El objetivo del presente trabajo es establecer el stock óptimo para un negocio en particular del rubro Ferretero, teniendo como fin principal el de mantener y fortalecer la salud financiera del comercio en cuestión.

II. Marco Teórico

El Marco teórico del presente trabajo se enmarca en términos generales en el campo de la **Administración de Operaciones**, y desagregando, se corresponde con **“Supply Chain Management”** (Administración de la Cadena de Suministro). El entorno específico, se centra en **Determinación de Stock Óptimo y Control de Inventarios**.

III. Metodología

Introducción Conceptual y Marco Teórico:

Desarrollo conceptual del marco teórico general, concepto y características de las Administración de Operaciones y de Supply Chain Management. Luego, desarrollo teórico y específico de la gestión de inventarios, principales características, y las metodologías de control de Inventarios. Se abarca también el Análisis y Determinación de la Demanda.

Particularidades del Rubro Ferretero:

Descripción del sector y desarrollo de sus principales características para contextualizar el ámbito de aplicación del presente trabajo.

Relevamiento:

Análisis y cuantificación de un inventario real de una ferretería en particular, tomando la demanda real (ventas) del año 2015. Implementación de un análisis ABC dentro del negocio en cuestión, para conocer la tipología de artículos, y seleccionar determinados artículos de cada clase para la realización práctica del trabajo.

Determinación Stock óptimo:

De acuerdo al marco teórico desarrollado y su aplicación al negocio en particular, se determinará el stock óptimo para ciertos artículos. Para lograr dicho Objetivo, se eligen dos métodos de control de Inventarios, (s, Q) y (R, S), y se aplican a los artículos previamente seleccionados.

Conclusiones

Se realiza el análisis de los resultados obtenidos para extraer las conclusiones pertinentes.

IV. Objetivos del trabajo

Los objetivos del presente trabajo, se pueden resumir en:

- Determinación del stock óptimo de una ferretería.
- Optimizar el uso de los recursos, que son escasos.
- Reducir los faltantes de stock, priorizando los artículos con mayor participación en las ventas.
- Identificar los artículos de escasa rotación para reducir el capital ocioso.
- Clasificar, a través de un análisis ABC, los diferentes artículos que componen el stock de la ferretería.
- Definir y transmitir una metodología a los responsables del negocio para determinar el stock más conveniente.

V. Límites o Alcance del trabajo

Analizar y relevar el inventario de una Ferretería en particular, ubicada en la ciudad de Córdoba, para determinar el capital ocioso y optimizar la disponibilidad de los productos de mayor rotación y con mayor margen de utilidad. Para lo que se analizarán las ventas efectuadas en el año 2015, y así pronosticar la demanda del mes de enero 2016, para luego implementar las metodologías de control de inventario seleccionadas, sobre 6 artículos en particular (2 de cada tipo según análisis ABC).

VI. Organización del trabajo

El presente trabajo de aplicación está organizado de la siguiente manera:

- Capítulo 1: Introducción Conceptual. Administración de Operaciones. Supply Chain Management. Gestión de Inventarios y Stock Óptimo.

En este capítulo se desarrolla el marco teórico donde se ubica el presente trabajo, partiendo de lo general hasta llegar a lo particular. Se desarrolla el concepto y principales características de lo que es Administración de Operaciones. Luego se desarrolla el concepto y las características de Supply Chain Management, para concluir con un desarrollo más exhaustivo de lo que es Gestión de Inventario, ámbito específico del presente trabajo.

- Capítulo 2: Determinación de la Demanda.

Se desarrolla la determinación de la Demanda en base a pronósticos, y la importancia de la Clasificación ABC.

- Capítulo 3: Métodos de Control de Inventarios.

Diferentes metodologías de control de Inventario, haciendo hincapié en los Sistemas (s, Q) y (R, S), que son los elegidos para la implementación práctica.

- Capítulo 4: Particularidades del Rubro Ferretero. Principios de Almacenaje. Estrategia de las 5'S.

Análisis y características del sector Ferretero. Se citan algunos principios de almacenaje y se describe las Estrategias de las 5'S, vinculados con el mejoramiento de una política de inventario.

- Capítulo 5: Relevamiento del Inventario de una Ferretería.

Se analiza la demanda a lo largo del año 2015, para pronosticar a través del Crystal Ball, la demanda para Enero 2016. Luego se realiza un Análisis ABC de los artículos de la Ferretería.

- Capítulo 6: Determinación del Stock Óptimo.

Con los resultados obtenidos en el capítulo 5, se procede a seleccionar 6 artículos para implementar las metodologías de control de Inventarios, utilizando la demanda y los parámetros arrojados por el Crystal Ball para Enero 2016. Se analiza el resultado de cada sistema aplicado para cada artículo seleccionado.

- Conclusiones

En base a los resultados obtenidos y el marco teórico desarrollado, se extraen conclusiones sobre la política de inventario desarrollada por la ferretería bajo análisis, y sobre las medidas tendientes a mejorar la situación actual.

VII. Introducción

Una ferretería es un establecimiento comercial dedicado a la venta de diversos productos para la construcción, las necesidades del hogar, útiles para el bricolaje, entre otros, normalmente para el público en general, aunque también existen ferreterías dedicadas a los especialistas en determinados oficios con artículos específicos.

Si bien una ferretería es un negocio común, presenta algunas particularidades, siendo una de las más destacadas la cantidad de artículos que se comercializan. La diversidad de artículos es tan significativa como así también su diferencia en la rotación de ventas y en la rentabilidad de cada producto.

El stock necesario para atender la demanda en este tipo de negocio suele ser superior al de otros rubros con similar monto de ventas. Así mismo, los tamaños de los productos van desde muy pequeños a muy grandes, por lo que se torna imprescindible un correcto manejo del stock en función de la distribución y ocupación del espacio físico. Dicho stock no solo tiene que corresponderse con la diversidad de la demanda, sino también debe priorizar aquellos productos que mayores márgenes de rentabilidad generan.

Optimizar el stock de una ferretería se presenta como una tarea clave para el administrador de este tipo de negocios. Por lo que la implementación de políticas o sistemas de control de stock, son herramientas importantes para poder satisfacer a la demanda y maximizar la utilidad de la empresa, reduciendo el capital ocioso y optimizando el uso de los recursos.

El presente trabajo se enfoca en implementar determinadas metodologías de control de Stock, en una ferretería en particular, para lograr los objetivos propuestos.

DESARROLLO DEL PROYECTO

CAPÍTULO 1

1. Introducción Conceptual. Administración de Operaciones. Supply Chain Management. Gestión de Inventarios y Stock Óptimo.

1.1 Administración de Operaciones. Concepto

Producción es la creación de bienes y servicios. Administración de Operaciones es el conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos en productos terminados. Las actividades que crean bienes y servicios se realizan en todas las organizaciones. En las empresas de manufactura, las actividades de producción que crean bienes usualmente son bastante evidentes, donde podemos ver la creación de un producto tangible. (Render, 2009)

En una organización que no crea un bien tangible, la función de producción puede ser menos evidente. A menudo estas actividades son llamadas servicios. Sin importar que el producto final sea un bien o un servicio, las actividades de producción que ocurren en la organización se conocen comúnmente como operaciones, o administración de operaciones. (Render, 2009)

Se puede definir también a la Administración de Operaciones como el área de la Administración de Empresas dedicada tanto a la investigación como a la ejecución de todas aquellas acciones tendientes a generar el mayor valor agregado mediante la planificación, organización, dirección y control en la producción, tanto de bienes como de servicios, destinado todo ello a aumentar la calidad, productividad, mejorar la satisfacción de los clientes, y disminuir los costes.

A nivel estratégico el objetivo de la Administración de Operaciones es participar en la búsqueda de una ventaja competitiva sustentable para la empresa.

Una definición alternativa es la que define a los administradores de operaciones como los responsables de la producción de los bienes o servicios de las organizaciones. Los administradores de operaciones toman decisiones que se relacionan con la función de operaciones y los sistemas de transformación que se utilizan. Así pues, la administración de operaciones es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones.

De estas definiciones surge claramente que el proceso de dirección de operaciones consiste en planificar, organizar, gestionar personal, dirigir y controlar, a los efectos de lograr optimizar la función de producción.

El responsable de la administración de operaciones debe hacer frente a diez decisiones estratégicas, las cuáles son:

- Diseño de bienes y servicios
- Gestión de la calidad
- Estrategia de procesos
- Estrategias de localización
- Estrategias de organización
- Recursos humanos
- Gestión del abastecimiento
- Gestión del inventario
- Programación
- Mantenimiento

La estrategia de operaciones es una visión de la función de operaciones que depende de la dirección o impulso generales para la toma de decisiones. Esta visión se debe integrar con la estrategia empresarial y con frecuencia, aunque no

siempre, se refleja en un plan formal. La estrategia de operaciones debe dar como resultado un patrón consistente de toma de decisiones en las operaciones y una ventaja competitiva para la compañía.

La mayoría de los autores están de acuerdo en que la estrategia de operaciones es una estrategia funcional, que debe guiarse por la estrategia empresarial y dar como resultado un patrón consistente en la toma de decisiones.

Para Roger Schroeder (Profesor de la Universidad de Minnesota) la administración de operaciones tiene la responsabilidad de cinco importantes áreas de decisiones: proceso, capacidad, inventario, fuerza de trabajo y calidad. (Schroeder, 1992)

1. **Proceso.** Las decisiones de esta categoría determinan el proceso físico o instalación que se utiliza para producir el producto o servicio. Las decisiones incluyen el tipo de equipo y tecnología, el flujo de proceso, la distribución de planta así como todos los demás aspectos de las instalaciones físicas o de servicios. Muchas de estas decisiones sobre el proceso son a largo plazo y no se pueden revertir de manera sencilla, en particular cuando se necesita una fuerte inversión de capital. Por lo tanto, resulta importante que el proceso físico se diseñe con relación a la postura estratégica de largo plazo de la empresa.

2. **Capacidad.** Las decisiones sobre la capacidad se dirigen al suministro de la cantidad correcta de capacidad, en el lugar correcto y en el momento exacto. La capacidad a largo plazo la determina el tamaño de las instalaciones físicas que se construyen. A corto plazo, en ocasiones se puede aumentar la capacidad por medio de subcontratos, turnos adicionales o arrendamiento de espacio. Sin embargo, la planeación de la capacidad determina no sólo el tamaño de las instalaciones sino también el número apropiado de gente en la función de operaciones. Se ajustan los niveles de personal para satisfacer las necesidades de la demanda del mercado y el deseo de mantener una fuerza de trabajo estable. A corto plazo, la capacidad

disponible debe asignarse a tareas específicas y puestos de operaciones mediante la programación de la gente, del equipo y de las instalaciones.

3. **Inventarios.** Las decisiones sobre inventarios en operaciones determinan lo que debe ordenar, qué tanto pedir y cuándo solicitarlo. Los sistemas de control de inventarios se utilizan para administrar los materiales desde su compra, a través de los inventarios de materia prima, de producto en proceso y de producto terminado. Los gerentes de inventarios deciden cuánto gastar en inventarios, dónde colocar los materiales y numerosas decisiones más relacionadas con lo anterior. Administran el flujo de los materiales dentro de la empresa.

4. **Fuerza de trabajo.** La administración de gente es el área de decisión más importante en operaciones, debido a que nada se hace sin la gente que elabora el producto o presta el servicio. Las decisiones sobre la fuerza de trabajo incluyen la selección, contratación, despido, capacitación, supervisión y compensación. Estas decisiones las toman los gerentes de línea de operaciones, con frecuencia con la asistencia o en forma mancomunada con la gerencia de recursos humanos. Administrar la fuerza de trabajo de manera productiva y humana, es una tarea clave para la función de operaciones hoy en día.

5. **Calidad.** La función de operaciones es casi siempre responsable de la calidad de los bienes y servicios producidos. La calidad es una importante responsabilidad de operaciones que requiere del apoyo total de la organización. Las decisiones sobre calidad deben asegurar que la calidad se mantenga en el producto en todas las etapas de las operaciones: se deben establecer estándares, diseñar equipo, capacitar gente e inspeccionar el producto o servicio para obtener un resultado de calidad.

La atención cuidadosa a estas cinco áreas de toma de decisiones es clave para la administración de operaciones exitosas.

La moderna administración de operaciones trabaja sobre tres aspectos fundamentales que son:

- La **calidad total**, lo cual implica entender que el usuario es quien define la calidad; obsesionarse por complacer a los clientes y no contentarse sólo con librarlos de sus problemas inmediatos, sino ir más allá para entender a fondo sus necesidades presentes y futuras, a fin de sorprenderlos con productos y servicios que ni siquiera imaginaban. Este conocimiento ya no es dominio exclusivo de grupos especiales de una organización; por el contrario, lo comparten y lo desarrollan todos los empleados.
- La aplicación de **métodos científicos**, lo cual implica aprender a dirigir la organización como un sistema, desarrollar el pensamiento de procesos, fundar las decisiones en la información y conocer la variación.
- Un **equipo totalmente integrado**. Creer en la gente; tratar a todos los integrantes de la organización con respeto, confianza y dignidad; procurar que todos los relacionados con la empresa (clientes, empleados, accionistas, proveedores, la comunidad) ganen siempre y no sólo algunas veces.

Los administradores de operaciones no trabajan solamente en empresas productoras de bienes, también lo hacen en industrias de servicio. En el caso de las industrias de servicio privadas, se emplean gerentes de operaciones en hoteles, restaurantes, aerolíneas, bancos y tiendas al menudeo. En todas estas empresas, los administradores de operaciones, en forma muy parecida a sus contrapartes de las empresas que producen bienes, son responsables del suministro de servicios. Muchas organizaciones producen una mezcla de bienes y servicios. Es por esto que resulta apropiado hacer una clasificación de las industrias en una escala continua entre las que producen únicamente bienes y aquellas otras que sólo generan servicios.

1.2 Supply Chain Management. Concepto

El término **SCM** (*gestión de la cadena de suministro*, del inglés *Supply Chain Management*) se refiere a las herramientas y métodos cuyo propósito es mejorar y automatizar el suministro a través de la reducción de las existencias y los plazos de entrega. El término producción "justo a tiempo" caracteriza el concepto de reducir al mínimo las existencias a lo largo de toda la cadena de producción.

La Gestión de Cadena de Suministro se trata de una red de medios de distribución e instalaciones cuya función está basada en la obtención de materiales, la conversión de los mismos en productos intermedios y productos terminados y la distribución correspondiente en el mercado; teniendo en cuenta esto podemos decir que la gestión de la cadena de suministro se concentra en tres pasos básicos: el suministro, la fabricación y la distribución.

Ahora bien, si analizamos cada uno de estos pasos dados por la gestión de la cadena de suministro diremos que en primer lugar, con suministro nos referimos a cómo, dónde y cuándo se consiguen los materiales o la materia prima necesaria para que la empresa desarrolle la fabricación de sus productos. La fabricación es el método mediante el cual, dichos materiales comienzan a convertirse en productos determinados y la distribución se trata de la llegada de dichos productos a las manos del consumidor a través de comercios minoristas, almacenes, etc.

Como toda herramienta empresarial, la gestión de la cadena de suministro tiene ciertos objetivos que debe cumplir ya que los mismos están relacionados a las metas personales de la empresa. Los cuatro objetivos principales de la gestión son: entregar el producto fabricado en tiempo forma y calidad para lograr la satisfacción total del cliente; promover un correcto servicio al consumidor final; realizar un balance adecuado; y tener una gran capacidad de entrega de toda la variedad de productos que ofrezca la empresa.

Para lograr los objetivos mencionados, la gestión en la cadena de suministro involucra en su desarrollo a varios procesos o actividades, de las cuales podemos nombrar: el aprovisionamiento, la planificación, el cumplimiento de todos los pedidos correspondientes, los pedidos por emergencia, el proceso de análisis realizados sobre las existencias, el traslado y el despacho de los productos, la administración y la recepción de inventarios, la administración de garantías, el seguimiento sobre las posibles fallas que pueden presentar los componentes, la facturación y emisión de recibos y los procesamientos de los pagos.

En resumen, la gestión de la cadena de suministro debe encargarse principalmente de que el producto que se le ofrezca al cliente sea el adecuado, y a su vez, que sea entregado en tiempo y lugar apropiado, con el precio requerido y aplicando el menor costo posible.

1.2.1 Características de Gestión de la Cadena de Suministro

Las características principales de una cadena de suministro (Supply Chain) sincronizada son las siguientes:

- Conocimiento total de las necesidades del cliente.
- Gestión total de la calidad.
- Mejora continua en los procesos.
- Existencia de rápidos canales de comunicación entre los diferentes elementos de la cadena de suministro.
- Indicadores clave que permitan analizar el funcionamiento de la cadena.

Para alcanzar dichas características no a nivel de empresa independiente, sino a nivel de cadena de suministro, es preciso que entre los distintos componentes de la cadena se establezca una alianza estratégica que dé soporte adecuado a los siguientes aspectos:

- Consideración del nivel de servicio ofrecido por los proveedores como un factor crítico en la estrategia de la empresa.
- Obtención de ventajas competitivas sobre los competidores.
- Disponibilidad de una tecnología de información y de herramientas de tratamiento de la información muy avanzadas.
- Elevados volúmenes de compra.
- Existencia de rápidos canales de comunicación entre los diferentes elementos de la cadena de suministro.
- Aumento de la flexibilidad ante el cliente.

1.3 Gestión de Inventarios (Sanchez, 2006)

Se entiende por Gestión de Inventarios, todo lo relativo al control y manejo de las existencias de determinados bienes, en la cual se aplican métodos y estrategias que pueden hacer rentable y productivo la tenencia de estos bienes y a la vez sirve para evaluar los procedimientos de entradas y salidas de dichos productos.

En la Gestión de Inventarios están involucradas tres actividades básicas:

1.- Determinación de las existencias: La cual se refiere a todos los procesos necesarios para consolidar la información referente a las existencias físicas de los productos a controlar y podemos detallar estos procesos como:

- 1) Toma física de inventarios
- 2) Auditoria de existencias
- 3) Evaluación a los procedimientos de recepción y ventas (entradas y salidas)
- 4) Conteos cíclicos

2.- Análisis de inventarios: La cual está referida a todos los análisis estadísticos que se realicen para establecer si las existencias que fueron previamente determinadas son las que deberíamos tener en nuestro negocio, es decir aplicar aquello de que "nada sobra y nada falta", pensando siempre en la

rentabilidad que pueden producir estas existencias. Algunas metodologías aplicables para lograr este fin son:

- 1) Fórmula de Wilson (máximos y mínimos)
- 2) Just in Time (justo a tiempo)

3.- Control de producción: La cual se refiere a la evaluación de todos los procesos de producción, es decir donde hay transformación de materia prima en productos terminados para su comercialización, los métodos más utilizados para lograr este fin son:

- 1) MRP (planeación de recursos de manufactura)
- 2) MPS (plan maestro de producción).

1.3.1 Definición de Inventarios:

Inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.

1.3.2 Función de los Inventarios:

Es importante mencionar que los inventarios son vitales para la salud de la empresa, por lo tanto su función es vital ya que:

- 1) Ayuda a la independencia de las variaciones de demanda.
- 2) Determina condiciones económicas de aprovisionamiento.
- 3) Determina las óptimas secuencias de operaciones.
- 4) Hace uso óptimo de la capacidad productiva.

1.3.3 Tipos de Inventarios:

Los inventarios de acuerdo a las características físicas de los objetos a contar, pueden ser de los siguientes tipos:

1. Inventarios de materia prima o insumos: son aquellos en los cuales se contabilizan todos los materiales que no han sido modificados por el proceso productivo de la empresa.
2. Inventarios de materia semielaborada o productos en proceso: como su propio nombre lo indica, son aquellos materiales que han sido modificados por el proceso productivo de la empresa, pero que todavía no son aptos para la venta.
3. Inventarios de productos terminados: Son aquellos donde se contabilizan todos los productos que van a ser ofrecidos a los clientes, es decir que se encuentran aptos para la venta.
4. Inventarios de materiales para soporte de las operaciones, o piezas y repuestos: son aquellos donde se contabilizan los productos que aunque no forman parte directa del proceso productivo de la empresa, es decir no serán colocados a la venta, hacen posible las operaciones productivas de la misma, estos productos pueden ser: maquinarias, repuestos, artículos de oficinas, etc. De acuerdo a la naturaleza de la empresa, se hará más énfasis en algunos de estos inventarios.

Existe otra clasificación de inventarios que se refiere a la concepción logística del mismo, los cuales son los siguientes:

1. Inventarios cíclicos o de lote: Se generan al producir en lotes no de manera continua. Por ejemplo cuando un tornero acumula piezas hasta completar un lote que será enviado al fresado o al siguiente proceso. Estos inventarios facilitan las operaciones en sistemas clásicos de producción, porque permiten que el sistema productivo no se detenga.
2. Inventarios estacionales (por estación): Son aquellos donde se contabilizan los productos que poseen demandas que dependen de alguna estación o periodo de tiempo específico. Un ejemplo de estos puede ser: los paraguas, los juguetes y los artículos de moda.

3. Inventarios de seguridad: Se generan para amortiguar variaciones en la demanda o para cubrir errores en la estimación de la misma. Estos inventarios derivan del hecho de que la demanda de un bien o servicio proviene usualmente de estudios de mercado que difícilmente ofrecen una precisión total.
4. Inventarios especulativos: Estos se derivan cuando se espera un aumento de precios superior a los costos de acumulación de inventarios, por ejemplo, si las tasas de interés son negativas o inferiores a la inflación.

1.3.4 Inventario Físico:

Se da el nombre de inventario a la verificación o confirmación de la existencia de los materiales o bienes patrimoniales de la empresa. En realidad, el inventario es una estadística física o conteo de los materiales existentes, para confrontarla con la existencia registrada en la Contabilidad del negocio o en las planillas de depósitos. Algunas empresas le dan el nombre de inventario físico porque se trata de una estadística física o palpable de aquello que hay en existencia en la empresa. El inventario físico se efectúa periódicamente, casi siempre en el cierre del periodo fiscal de la empresa, para efecto en el balance contable. En esa ocasión, el inventario se hace en toda la empresa; en la bodega, en las secciones, en el depósito, entre otras. El inventario físico es importante por las siguientes razones:

1. Permite verificar las diferencias entre los registros de existencias y las existencias físicas (cantidad real en existencia).
2. Permite verificar las diferencias entre las existencias físicas contables, en valores monetarios.
3. Proporciona la aproximación del valor total de las existencias (contables), para efectos de balances, cuando el inventario se realiza próximo al cierre del ejercicio fiscal.

La necesidad del inventario físico se fundamenta en dos razones:

1. El inventario físico cumple con las exigencias fiscales, pues deben ser transcrito en el libro de inventario, conforme la legislación.

2. El inventario físico satisface la necesidad contable, para verificar, en realidad, la existencia del material y la aproximación del consumo real.

1.3.5 Importancia del Inventario:

El manejo de inventarios ha llegado a la cumbre de los problemas de la administración de empresas debido a que es un componente fundamental de la productividad. Si se mantienen inventarios demasiado altos, el costo podría llevar a una empresa a tener problemas de liquidez financiera, esto ocurre porque un inventario "parado" inmoviliza recursos que podrían ser mejor utilizados en funciones más productivas de la organización. Además, el inventario "parado" tiende a tornarse obsoleto, a quedar fuera de uso y corre el riesgo de dañarse. Por otro lado, si se mantiene un nivel insuficiente de inventario, podría no atenderse a los clientes de forma satisfactoria, lo cual genera reducción de ganancias y pérdida de mercado, al no afirmar la confiabilidad de los clientes en la capacidad de reacción de la empresa, ante las fluctuaciones del mercado. Es vital para toda empresa, industria y comercio llevar inventarios sanos, ya que esto garantizará una mayor confiabilidad en el proceso diarios de movimiento de sus productos dentro de los almacenes.

Dado que una gran proporción de los activos corrientes de las empresas están representados por inventarios y que el mantenimiento y manejo de éstos es muy costoso, el manejo de los inventarios tiene impacto significativo en la gestión administrativa. Por ende la administración de inventarios afecta directamente los estados financieros de las empresas, ya sea el Estado de Situación Patrimonial y el Estado de Resultados. Viéndose afectados también algunos indicadores de eficiencia como los expresados a continuación, donde claramente se observa la influencia del nivel de inventarios en cada uno de ellos:

$$\text{Liquidez Corriente} = \frac{\text{Activo Corriente}}{\text{Pasivo Corriente}}$$

$$\text{Rotación de Activos} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Activos Totales}}$$

$$\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\text{Costo de Ventas}}{\text{Inventarios}}$$

$$\text{ROA} = \frac{\text{Resultado}}{\text{Activos Totales}}$$

El objetivo de todo negocio está en mejorar la competitividad sin sacrificar recursos innecesariamente y administrando correctamente la cantidad de inventarios. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la reducción arbitraria de los inventarios para aumentar su rotación puede ser un gran error, ya que puede volverse un pésimo servicio al cliente y eventualmente en una disminución del nivel general de ventas.

Una buena decisión es implementar sistemas de gestión y control que optimicen el nivel de inventario. En la actualidad, el problema surge ya que muchas empresas determinan los inventarios de seguridad y sus correspondientes puntos de reorden o inventarios máximos teniendo en cuenta exclusivamente el promedio de la demanda, ignorando por completo la variabilidad. Por ejemplo, para cierto ítem, se podría establecer el inventario de seguridad en “dos semanas de inventario”. Esto significa que, en promedio, el

inventario de seguridad duraría aproximadamente dos semanas de demanda. En realidad, dicho inventario puede durar mucho menos o mucho más de dos semanas, dependiendo de la variabilidad de la demanda del ítem considerado. Éste es un grave error conceptual, así es como surgen luego los desbalances de inventario. Cuando la variabilidad de la demanda del ítem del ejemplo es baja, dos semanas de inventario de seguridad puede ser un exceso en el que se está invirtiendo capital innecesariamente. Por el contrario, si la variabilidad de la demanda del ítem es alta, dos semanas de inventario de seguridad puede ser muy poco y ocurrirán agotados frecuentes de dicho ítem.

Sólo en algunas ocasiones los inventarios de seguridad y los puntos de reorden calculados solamente con base en la demanda promedio, coinciden con el valor óptimo obtenido como resultado de un análisis estadístico formal. La clave consiste entonces en liberar capital invertido en inventarios de seguridad de ítems con baja variabilidad y distribuirlo en inventarios de seguridad de ítems con alta variabilidad. El balance de esta operación es frecuentemente positivo y se puede mejorar significativamente el servicio al consumidor sin invertir un peso adicional en inventarios, se puede mantener el servicio actual (si éste es adecuado) con mucho menos capital invertido, o se puede diseñar una combinación intermedia de ambos beneficios.

La solución es la de diseñar e implementar estrategias adecuadas de control con el fin de evitar los frecuentes desbalances de inventarios, utilizando las siguientes alternativas (Vidal Holguín, 2005):

- Utilización de sistemas adecuados de pronósticos de demanda, que permitan estimar con precisión el patrón, el promedio y la variabilidad de la demanda de cada ítem que se mantenga en inventario. De esta forma, los inventarios de seguridad se calculan proporcionalmente a la variabilidad de la demanda, de acuerdo con el nivel de servicio deseado, y no proporcionalmente al promedio de la misma. Debe minimizarse las causas frecuentes de errores excesivos en los pronósticos, tales como la selección

del modelo matemático inadecuado, la utilización de datos poco confiables y de datos de ventas en lugar de demanda, los sesgos en los pronósticos, la inclusión de datos atípicos y la selección errada del período fundamental del pronóstico.

- Medición adecuada de los lead times y su variabilidad.
- Implementación de la clasificación ABC para establecer prioridades de administración y diferenciar los sistemas de control de ítems en cada categoría. Por ejemplo, una reducción del 25% del inventario de los ítems clase A (alrededor del 20% de todos los ítems, catalogados como “los más importantes”), puede causar una reducción global del 20% del valor del inventario.
- Definición de los lugares más adecuados dentro de la cadena de abastecimiento donde se debe mantener inventarios y determinación de sus niveles correspondientes.
- Consideración de aspectos fundamentales tales como el ciclo de vida del producto, la naturaleza del proceso productivo bajo estudio y los aspectos financieros relacionados con inventarios, tales como los plazos de pago y sus descuentos asociados.
- Generación de indicadores de eficiencia que consideren simultáneamente todas las variables de interés. Es muy común el error, por ejemplo, de solo medir el desempeño de un sistema de control de inventarios a través de la rotación del mismo y querer mejorarla incluso a costa del nivel de servicio ofrecido al cliente.

Adicionalmente a los puntos anteriores, debe tenerse en cuenta algunas sugerencias para reducir inventarios, sin compromiso de los niveles de servicio, tales como:

- Concentrarse en ítems clase A y los primeros ítems clase B (los de “mediana importancia”) a través de su revisión individual y continua, tamaños de orden más pequeños pero más frecuentes y la interacción con

los proveedores y clientes para influir en su demanda y reducir sus lead times.

- Evitar tamaños excesivos de órdenes, incluso para ítems clase C (los “menos importantes”).
- Depurar periódicamente el inventario, eliminando excesos e ítems obsoletos y de muy bajo movimiento que carezcan de importancia para la organización y para los consumidores.
- Controlar las compras de grandes volúmenes sin los beneficios financieros adecuados.
- Controlar y rastrear continuamente: El nivel de servicio ofrecido a los consumidores a través de indicadores adecuados; el valor, rotación, cobertura y grado de obsolescencia del inventario; el porcentaje de precisión del inventario físico y la influencia del nivel de inventarios sobre indicadores financieros tales como el retorno sobre la inversión.
- Racionalizar las compras iniciales de ítems nuevos y hacerles un seguimiento exhaustivo.

CAPÍTULO 2

2. Determinación de la Demanda.

2.1 Introducción a los Pronósticos de Demanda

2.1.1 Introducción

Prácticamente en todo proceso de decisión en cualquier tipo de organización debe pronosticarse una o más variables de interés. En una empresa del sector productivo, por ejemplo, es fundamental pronosticar los requerimientos de materiales necesarios para producir los bienes que ella manufactura; en un sistema financiero internacional es fundamental predecir el comportamiento del flujo de dinero y las tasas de cambio; en un sistema de servicios, como un restaurante de comidas rápidas, es muy importante pronosticar la carga de trabajo para asignar el número de personas adecuado que atenderá a los clientes en cierto período; en una empresa que comercializa productos, o sea que compra a un número de proveedores y vende el mismo producto a una población de clientes, se hace fundamental pronosticar la demanda que dichos clientes van a generar.

En cualquier caso, el sistema de pronósticos es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su competitividad, ya que de no tomar las decisiones correctas, se puede caer en extremos como el deficiente servicio al cliente, el exceso de inventarios o, peor aún, ambos factores en forma simultánea cuando se cuenta con inventarios desbalanceados.

2.1.2 Naturaleza de los Sistemas de Pronóstico (Vidal Holguín, 2005)

El primer aspecto que debe tenerse en cuenta es que los pronósticos de demanda siempre estarán errados. Esto no es sorprendente ya que cuando se pronostica, se está anticipando lo que ocurrirá en el futuro. La clave del éxito de un sistema de gestión de inventarios es, por lo tanto, conocer a fondo los errores del pronóstico y responder a ellos en forma adecuada mediante la utilización de inventarios de seguridad.

El segundo aspecto de importancia en un sistema de pronósticos es la definición del tipo de pronóstico a utilizar. Se reconocen los siguientes métodos de pronósticos:

- **Cualitativos:** Son fundamentalmente subjetivos y se utilizan ante la carencia de datos históricos.
- **Series de Tiempo:** Son métodos cuantitativos estadísticos basados en datos históricos de demanda. Son fundamentales para cualquier sistema de pronósticos que se elija.
- **Causales:** Son métodos que asumen alta correlación entre los pronósticos de demanda y ciertos factores externos, como por ejemplo, la economía de un país, el crecimiento de la población, la demanda de otros productos que influyen la del que se está analizando, entre otros.
- **Simulación:** Son métodos que generalmente combinan estrategias de series de tiempo con pronósticos causales.
- **Combinación de los anteriores:** Tienen un gran potencial y suelen ser los más efectivos en la mayoría de los casos.

2.1.3 Ambiente general de un sistema de pronósticos

El Gráfico 2.1 presenta el ambiente general bajo el cual un sistema de pronósticos generalmente se desenvuelve. Es importante notar la importancia que tienen los registros históricos de demanda, ya que permiten una mejor selección del modelo a utilizar y su 'puesta a punto' para el arranque de los pronósticos, a través de métodos de simulación que. Otro aspecto básico que siempre forma parte de un sistema de pronósticos es la intervención humana basada en la experiencia, con la cual se refinan los sugeridos brindados por el sistema, especialmente para los ítems clase A (los más importantes), los cuales requieren de un seguimiento continuo por parte de la administración.

Finalmente, nótese la importancia de los errores de pronóstico, los cuales son la fuente de análisis para determinar la conveniencia del modelo utilizado.

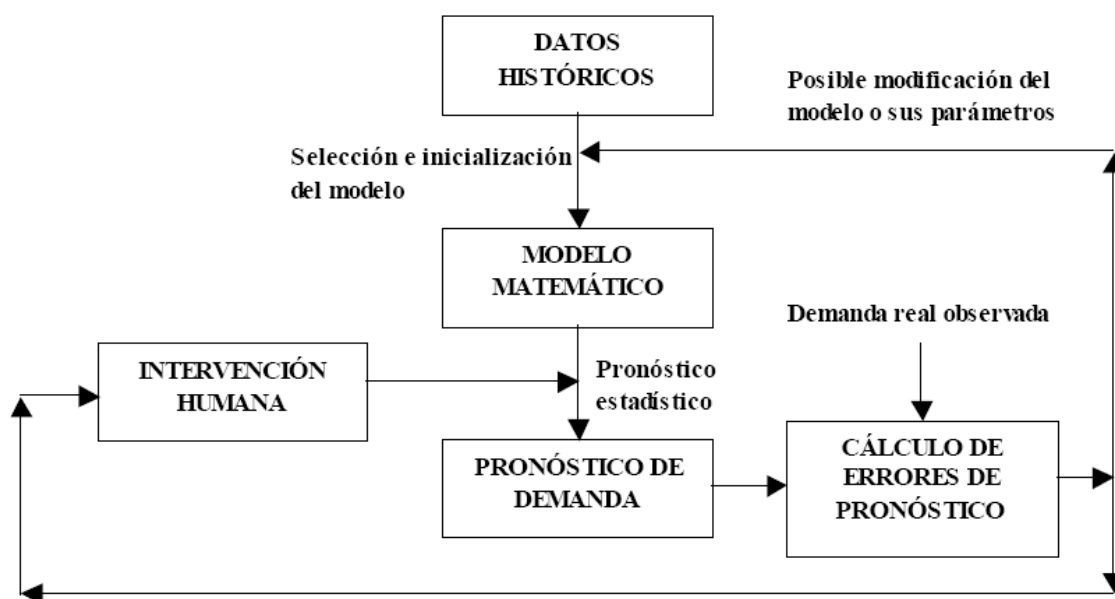


Gráfico 2.1 – Sistema de Pronóstico – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

Los errores de pronóstico son fundamentales principalmente por tres razones:

- Proveen una forma de estimar la variabilidad de la demanda y de determinar la cantidad adecuada de inventario de seguridad, lo cual es fundamental para balancear los inventarios y evitar el problema de agotados de ítems clave y de exceso de ítems menos importantes;
- Permiten determinar la conveniencia del modelo de pronósticos seleccionado o del posible cambio de sus parámetros;
- Ilustran al administrador para su intervención en el pronóstico.

Otro aspecto importante inherente a un sistema de pronósticos es el costo total del sistema escogido. Entre más sofisticado sea el sistema de pronósticos, probablemente se podrá pronosticar mejor la demanda y su variabilidad, pero a la vez esto tendrá un mayor costo al requerirse mayor esfuerzo humano y de computación. Si por el contrario se utiliza un sistema de pronósticos menos complejo, los costos de operación del sistema serán menores, pero la precisión de los pronósticos será menor, lo que puede causar pérdidas debidas a la presencia de mayores fuentes de variabilidad. Claramente, y como se muestra en el Gráfico 2.2, el sistema de pronósticos ideal debería operar cerca de la zona donde el costo total es mínimo.

El arte del analista consiste en seleccionar, de acuerdo con esto y con las condiciones particulares de su organización, el mejor sistema de pronósticos.

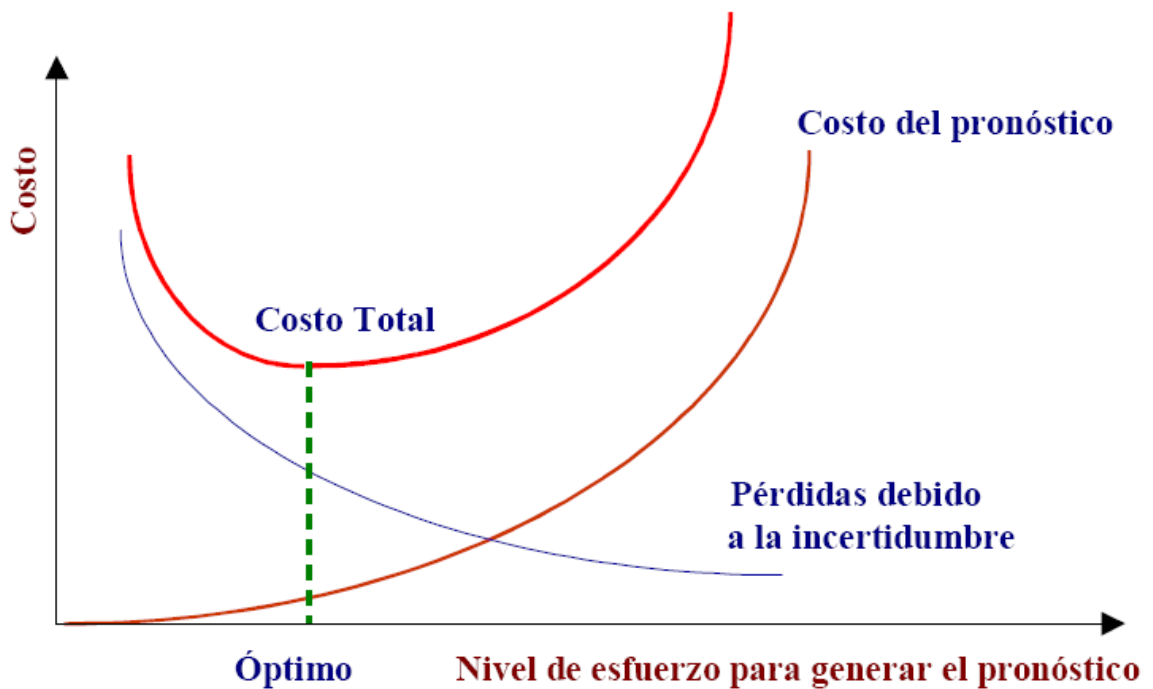


Gráfico 2.2 – Costos en un Sistema de Pronóstico – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

2.1.4 El sistema de pronósticos y la clasificación ABC

La clasificación ABC de ítems es una herramienta muy poderosa para el control de los inventarios. El sistema de pronósticos como herramienta fundamental para este control debe, por lo tanto, responder a dicha clasificación. Específicamente, los ítems clase A deben ser examinados continua y rutinariamente por los administradores, en conjunto con técnicas relativamente complejas de pronósticos. Los ítems clase B deben ser manejados de una forma automática, con técnicas adecuadas de pronósticos, en general no tan complejas como las aplicables a ítems clase A, y con la intervención humana solamente en casos de excepción. Para ítems clase C se pueden utilizar las técnicas más simples de pronósticos, e incluso se recomienda en ocasiones que no sean pronosticados. Se debe, sin embargo, ser cuidadoso con estos ítems ya que, aunque representan una fracción baja del porcentaje de ventas totales, pueden ocasionar problemas de manejo en los centros de distribución, de espacio de almacenamiento en puntos de venta y otros relacionados.

Para ítems nuevos, debe diferenciarse el estado de desarrollo en el cual se encuentran dentro de su ciclo de vida. Específicamente, si se encuentran en su fase de crecimiento o en su fase de declive, se deben utilizar técnicas de pronósticos que respondan a estos cambios, tales como la suavización exponencial doble. En contraste, si el ítem nuevo ya se encuentra en su etapa de equilibrio, puede bastar con técnicas menos sofisticadas. Claro está que cuando un ítem nuevo se encuentre en su etapa de equilibrio, es posible que ya haya sido clasificado como A ó B, y ya opere el sistema normal de pronósticos que se esté utilizando para ellos. La Tabla 2.1 presenta las características del manejo de ítems clase A, B ó C. Obviamente estas son sugerencias generales, ya que la decisión final depende del caso específico del sistema bajo estudio.

| CARACTERÍSTICAS | POLÍTICAS DE CONTROL | MÉTODOS DE CONTROL |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ítems clase A (los más importantes) • Relativamente pocos ítems • El mayor porcentaje del volumen de ventas (en \$) | <ul style="list-style-type: none"> • Control estricto con supervisión personal • Comunicación directa con la administración y los proveedores • Aproximación a Justo a Tiempo y stock balanceado • Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas | <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo frecuente o continuo • Registros precisos • Pronósticos con suavización exponencial doble • Políticas basadas en el nivel de servicio al cliente |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ítems clase B • Ítems importantes • Volumen de ventas (en \$) considerable | <ul style="list-style-type: none"> • Control clásico de inventarios • Administración por excepción • Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control computarizado clásico • Pronósticos con suavización exponencial simple • Reporte por excepciones |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ítems clase C • Muchos ítems • Bajo volumen de ventas (en \$), pocos movimientos o ítems de muy bajo valor unitario | <ul style="list-style-type: none"> • Supervisión mínima • Pedidos bajo orden • Tamaños de orden grandes • Políticas de cero o de alto inventario de seguridad • Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control simple • Promedio móvil (aceptar el pronóstico) • Evitar agotados y exceso de inventario • Larga frecuencia de órdenes • Sistema automático |

Tabla 2.1 – Pronósticos y Sistema ABC – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

CAPÍTULO 3

3. Métodos de Control de Inventarios.

3.1 Métodos de control de inventarios con demanda determinística

3.1.1 Introducción

Los sistemas de control presentados en este capítulo y en el siguiente se aplican generalmente a ítems clase B y, en algunos casos a ítems clase A. Sin embargo, para estos últimos, las reglas de decisión pueden transformarse frecuentemente debido a la intervención humana por parte de la administración del sistema. En la primera parte de este capítulo se trata el control de inventarios con demanda aproximadamente constante y conocida, lo que genera el conocido tema del tamaño económico de pedido, EOQ (“Economic Order Quantity”). La segunda parte se dedica a la demanda variable con el tiempo, pero conocida con exactitud. En este caso se analizan diversos métodos de solución del problema, incluyendo heurísticos y algoritmos de optimización.

3.1.2 El modelo básico del lote económico de pedido (EOQ)

Se deriva a continuación el caso básico del tamaño económico de pedido (“Economic Order Quantity”), universalmente conocido como EOQ. Este modelo funciona de acuerdo con las siguientes suposiciones:

- El patrón de demanda es constante y conocido con certeza.
- No se consideran descuentos en los precios de compra y/o transporte.
- La cantidad de pedidos no necesita ser un número entero o un múltiplo de algún número entero.

- Todos los parámetros de costo son estacionarios o sea que no varían significativamente con el tiempo (se consideran bajas tasas de inflación).
- El ítem se trata de forma independiente de otros ítems.
- La tasa de reposición es infinita o, equivalentemente, los lead times son cero, y toda la orden completa es recibida cada vez que se ordene.
- No se consideran órdenes pendientes.

A primera vista, y de acuerdo con todas las suposiciones anteriores, este modelo aparenta ser de importancia mínima para casos reales. Sin embargo, como se verá posteriormente, este caso es pieza fundamental en otros modelos de mayor complejidad. Además, la mayoría de las suposiciones se irán eliminando a medida que se estudien modelos más complejos.

3.1.3 El concepto del Costo Total Relevante (TRC)

Se utiliza el concepto del Costo Total Relevante (TRC) para diseñar la estructura de la función objetivo. Este costo puede incluir los siguientes componentes:

- Costos de compra o producción y de ordenamiento o preparación;
- Costos de mantenimiento del inventario;
- Costos de faltantes de inventario (ventas perdidas u órdenes pendientes);
- Costos de control del sistema;
- Costos de planeación de producción mediante el cambio de la fuerza laboral y las ratas de producción.

Los dos últimos costos no son relevantes para el sistema y para el caso del control del inventario de ítems individuales considerados aquí. De igual manera, el costo de faltantes de inventario no será incluido en el análisis inicial, de acuerdo con las suposiciones establecidas anteriormente. Por lo tanto, el TRC está dado aquí por los dos primeros componentes de costo listados arriba.

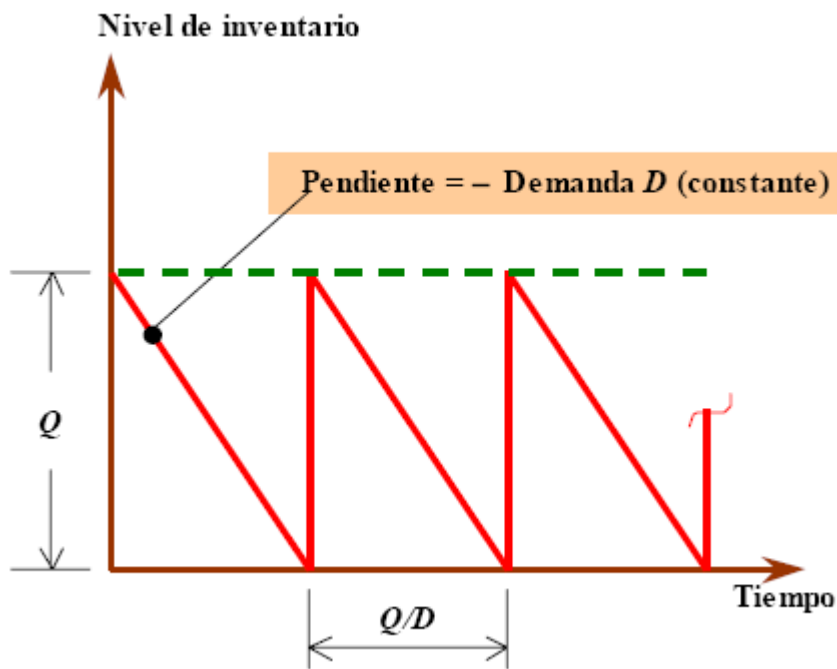


Gráfico 3.1. Nivel de inventario para determinar el tamaño óptimo de pedido - Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

Considérense los siguientes parámetros, variables y funciones:

Parámetros

A = El costo de ordenamiento [\$/orden]

D = La demanda del ítem [unidades/unidad de tiempo]

r = El costo de mantener el inventario [%/unidad de tiempo]

v = El valor unitario del ítem [\$/unidad]

Variable de decisión

Q = Tamaño del pedido [unidades]

Función objetivo

$TRC(Q)$ = El costo total relevante en función de Q [\$/unidad de tiempo]

3.2 Métodos de control de inventarios con demanda probabilística

3.2.1 Introducción

Anteriormente se trató el caso de demanda determinística, se analizó también en cierta forma la sensibilidad de los costos totales relevantes con respecto a posibles cambios en algunos parámetros y variables, demostrándose que los sistemas analizados no son significativamente sensibles a dichos cambios. Sin embargo, dentro del costo total relevante se ignoró un elemento que puede ser de fundamental importancia en la administración de sistemas reales de inventarios. Este elemento es el costo de faltantes de inventario o “stockout”, como comúnmente se le conoce en inglés.

Se analizarán ahora los sistemas de control de inventarios cuando la demanda es probabilística. Se concentra la atención en aquellos casos en los cuales la demanda promedio permanece aproximadamente constante a lo largo del tiempo.

3.2.2 Definiciones Básicas

En los sistemas de control probabilístico es muy importante definir claramente los niveles de inventario. El más importante no es tanto el inventario físico visible en las estanterías de la bodega, al cual llamaremos inventario a la mano, sino el inventario efectivo, el cual se define como:

Inventario efectivo = (Inventario a la mano) + (Pedidos pendientes por llegar)
– (Requisiciones pendientes o comprometidas con clientes)

El inventario efectivo se le denomina también la posición del inventario (“Inventory Position”). Denominamos inventario neto a la diferencia entre el inventario a la mano y las requisiciones pendientes con los consumidores.

Por otra parte, el inventario de seguridad es el inventario neto promedio justo antes de que llegue un pedido. Un valor positivo del inventario de seguridad permite tener unidades en inventario para responder a demandas mayores que la demanda promedio durante el tiempo efectivo que tarda en llegar un pedido, al cual denominaremos tiempo de reposición o Lead Time. El inventario de seguridad depende de las fluctuaciones de la demanda durante el tiempo de reposición, o equivalentemente, de la desviación estándar de los errores del pronóstico de la demanda total sobre el tiempo de reposición. Intuitivamente, esto se explica porque si los pronósticos fueran absolutamente seguros, entonces no habría razón para tener inventarios de seguridad, así se tuviera demanda variable con el tiempo como la tratada en el capítulo anterior.

3.2.3 Requisiciones pendientes u órdenes perdidas

Cuando ocurre una ruptura de stock, existen dos posibilidades extremas con respecto a lo demandado por el cliente. Primero, el cliente puede aceptar que su orden completa sea clasificada como requisición pendiente, y esperar a que sea satisfecha. Segundo, el cliente puede cancelar la orden completa y la venta total se perdería. Ambas situaciones ocasionan costos adicionales para la organización, ya que en el primer caso se incurre en gastos adicionales para cumplir con la orden urgentemente y en el segundo caso se deja de percibir la utilidad neta de la venta perdida. En la realidad es más común encontrar situaciones intermedias entre los dos extremos descritos, como por ejemplo, la cancelación parcial de una orden por parte del cliente. Todos los métodos desarrollados para la administración de inventarios tienen en cuenta los costos de uno u otro extremo, pero no tratan situaciones intermedias debido principalmente a que la estimación de los costos de falta de inventario para situaciones intermedias se torna muy difícil. Afortunadamente, si se trabaja a niveles de servicio muy altos para el cliente, la ocurrencia de una falta de inventario no es muy común y, por lo tanto, el sistema no es muy sensible a cambios en estos costos.

3.2.4 Preguntas básicas para el control de inventarios (Vidal Holguín, 2005)

Hay tres preguntas claves a responder en cualquier sistema de control de inventarios:

- ¿Con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario?
- ¿Cuándo debe ordenarse?
- ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada pedido?

Para el caso de demanda determinística, la primera pregunta es trivial porque si se conoce el nivel de inventario en cualquier instante, se puede determinar dicho nivel en cualquier otro instante dentro del horizonte de planeación. Recuérdese que la segunda pregunta se respondió igualmente ordenando justamente cuando el nivel de inventario es cero y, finalmente, la última pregunta fue el motivo del desarrollo de todos los métodos del capítulo anterior.

Para el caso de la demanda probabilística, estas tres preguntas son mucho más difíciles de responder. La respuesta a la primera pregunta implica altos costos de revisión frecuente del nivel de inventario, comparados con los costos de mantener inventario de seguridad para responder a la demanda durante el tiempo de reposición. Para responder la segunda pregunta debe tenerse en cuenta el equilibrio entre los costos de mantenimiento de inventario al ordenar anticipadamente y el nivel de servicio que se quiere dar al cliente. Finalmente, la respuesta a la tercera pregunta tiene en cuenta de nuevo el costo total relevante y, para algunos casos, está muy relacionada con la segunda pregunta.

3.2.5 Formas de revisión del nivel de inventario

La primera pregunta anterior relacionada con la frecuencia de revisión del inventario efectivo se enmarca dentro de dos sistemas básicos: la revisión continua y la revisión periódica. Lo que trata de determinarse es el intervalo de tiempo que transcurre entre dos revisiones sucesivas del nivel de inventario efectivo.

| REVISIÓN CONTINUA | REVISIÓN PERIÓDICA |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea. | <ul style="list-style-type: none"> • Permite coordinar diversos ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas. |
| <ul style="list-style-type: none"> • La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse. | <ul style="list-style-type: none"> • Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido. |
| <ul style="list-style-type: none"> • La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento. | <ul style="list-style-type: none"> • La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que es menos frecuente. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor. | <ul style="list-style-type: none"> • Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica. | <ul style="list-style-type: none"> • Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua. |

Tabla 3.1 - Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica - Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

En la revisión continua, como su nombre lo indica, teóricamente se revisa el nivel de inventario en todo momento. Sin embargo, obviamente, esto no es posible en la práctica. Lo que se hace, entonces, es revisar el inventario cada vez que ocurre una transacción (despacho, recepción, demanda, etc.) y por ello también se le conoce como “sistema de reporte de transacciones.”

En los sistemas de revisión periódica, el nivel del inventario se consulta cada R unidades de tiempo. Obviamente, si $R \rightarrow 0$, este sistema se convierte en un sistema de revisión continua.

La Tabla 3.1 compara los dos métodos en forma general.

3.2.6 Tipos de Sistemas de Control (Vidal Holguín, 2005)

Existen diversos tipos de sistemas de control de inventarios probabilísticos. Los cuatro más comunes se describen a continuación. La notación básica que se utiliza aquí es la siguiente:

s = Punto de reorden, o sea el nivel de inventario efectivo para el cual debe emitirse una nueva orden;

Q = Cantidad a ordenar en cada orden; y

S = Nivel máximo de inventario hasta el cual debe ordenarse.

3.2.6.1 Sistema (s, Q)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden s o por debajo de él, se ordena una cantidad fija Q . Este sistema se denomina también el “sistema de los dos cajones” (“two-bin systems”), ya que se puede implementar físicamente teniendo dos cajones para el almacenamiento de un ítem. La demanda se satisface normalmente del primer cajón, hasta que se agota. Tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tantas unidades como el punto de reorden s lo indique, se emite una orden por la cantidad fija Q establecida. Cuando llega la orden, el segundo cajón se llena de nuevo con las unidades equivalentes al punto de reorden, y el resto de deposita en el primer cajón, iniciándose otro ciclo. Nótese que este sistema funciona adecuadamente siempre y cuando no exista más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instante de tiempo. Obviamente, el sistema puede utilizarse ajustando la cantidad a pedir, Q , hasta que ésta sea considerablemente mayor que la demanda promedio durante el tiempo de reposición. Las ventajas de este sistema son las siguientes:

- Es muy fácil de comprender, especialmente en la forma de “dos cajones” descrita anteriormente.
- La cantidad fija a ordenar minimiza posibles errores en el pedido.

Su principal desventaja ocurre cuando algunas transacciones individuales son de considerable magnitud. En este caso, es posible que la cantidad a ordenar Q no incremente el inventario efectivo por encima del punto de reorden s y, así, un segundo pedido o más sea necesario. En estos casos, sin embargo, se pueden ordenar cantidades enteras de Q hasta que el nivel de inventario efectivo sea superior al punto de reorden s .

Este sistema se analizará con mayor grado de detalle a continuación, dado que es uno de los seleccionados para la aplicación práctica.

3.2.6.2 Sistema (s, S)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden s o por debajo de él, se ordena una cantidad tal que se incremente el inventario efectivo hasta el nivel máximo S . La cantidad a ordenar depende del inventario efectivo y del nivel máximo, y, por lo tanto, puede variar entre un período y otro. Si las transacciones de demanda son siempre unitarias, entonces este método de control es exactamente igual al anterior, ya que apenas el nivel de inventario efectivo caiga a s , entonces se ordena una cantidad constante $Q = S - s$. Sin embargo, en la práctica la demanda no ocurre necesariamente a niveles unitarios, y, por lo tanto, las cantidades a ordenar pueden ser variables. Este sistema se denomina usualmente un sistema “min-max”, ya que normalmente el nivel de inventario efectivo permanece entre un valor máximo S y un valor mínimo s , excepto por una caída de inventario temporal bajo el punto de reorden s cuando la demanda no ocurre en forma unitaria. Se puede demostrar que el mejor sistema de control (s, S) tiene costos totales de pedido, mantenimiento de inventario y falta de inventario menores o iguales que aquéllos del mejor sistema (s, Q). Sin embargo, el esfuerzo computacional para

encontrar el mejor sistema (s, S) no justifica su aplicación para ítems clase B, e incluso para no todos los ítems clase A. Este método se encuentra a menudo en la práctica, pero los parámetros de control se fijan usualmente de forma arbitraria. Una desventaja potencial del sistema (s, S) es su susceptibilidad de errores debido a que los tamaños de orden son variables.

3.2.6.3 Sistema (R, S)

En este sistema de control periódico se conoce también como el sistema del ciclo de reposición y se encuentra a menudo en organizaciones que no utilizan control sistematizado de los inventarios. En este sistema, cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo S.

La principal ventaja de este método es la de permitir el control coordinado de diversos ítems relacionados entre sí, bien sea por ser proporcionados por el mismo proveedor, por compartir un mismo sistema de transporte, por ser producidos en la misma línea de manufactura, o por cualquier otra razón que permita obtener economías de escala en la adquisición o producción del pedido. Igualmente, el nivel máximo de inventario S puede ser ajustado fácilmente si el patrón de demanda tiende a cambiar con el tiempo. Su principal desventaja es que para un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema presenta costos de mantenimiento del inventario mayores que aquéllos de los sistemas continuos, ya que el nivel de inventario de seguridad requerido es mayor. Esto se da porque entre un período de revisión y otro, no se tiene información acerca del inventario efectivo, pudiendo caer éste a niveles indeseables si no se tiene el inventario de seguridad adecuado y, por lo tanto, el inventario de seguridad debe cubrir fluctuaciones de demanda para un tiempo igual al período de revisión R más el Lead Time L.

Al igual que el Sistema (s, Q) este sistema se desarrollará mas extensivamente, dado que fue seleccionado para la aplicación práctica.

3.2.6.4 Sistema (R, s, S)

Este sistema es una combinación de los sistemas (s, S) y (R, S). Consiste en que cada R unidades de tiempo, se revisa el inventario efectivo. Si éste es menor o igual que el punto de reorden s, entonces se emite un pedido por una cantidad tal que el inventario efectivo se recupere hasta un nivel máximo S. Si el nivel de inventario efectivo es mayor que s, no se ordena cantidad alguna hasta la próxima revisión que tendrá lugar en R unidades de tiempo.

Nótese que el sistema (s, S) es un caso particular de este sistema, cuando $R = 0$.

Análogamente, el sistema (R, S) es un caso especial de este sistema cuando $s = S - 1$.

Se ha demostrado en varios estudios que el mejor sistema (R, s, S), bajo algunos supuestos generales con respecto del patrón de demanda y de los costos involucrados, produce un costo total relevante (ordenamiento + mantenimiento + faltante de inventario) menor que el mejor de cualquiera de los otros sistemas descritos. Como en el método anterior, el cálculo de los mejores parámetros de control puede ser prohibitivo para los ítems clase B. Adicionalmente, el método es más difícil de comprender, lo que lo hace más susceptible de errores humanos.

3.2.7 Criterios para la selección de inventarios de seguridad para ítems individuales

Dada la variabilidad de la demanda, es imposible garantizar que todos los pedidos sean satisfechos con el inventario a la mano. Si por ejemplo la demanda es inusualmente alta, deben darse acciones de emergencia para satisfacerla. Si por el contrario la demanda resulta ser muy baja, se puede entonces presentar un exceso de inventario. El arte del control de inventarios consiste en balancear estos dos extremos de tal forma que se tenga el nivel de servicio adecuado al

cliente, con el mínimo costo total posible. Dentro de este control, la determinación de los inventarios de seguridad es precisamente un punto fundamental. A continuación se exponen algunos métodos para este efecto.

3.2.7.1 Inventario de seguridad basado en factores constantes

Este método involucra la utilización de un factor constante de tiempo para determinar el inventario de seguridad de todos los ítems. Por ejemplo, se puede decir que se va a tener siempre al menos 'dos semanas de inventario de seguridad'. También, se puede definir con base en un factor constante multiplicado por la demanda promedio del ítem bajo consideración. Este método tiene una grave falla conceptual al ignorar la variabilidad de la demanda del ítem respectivo. Así, esta política puede ser adecuada para ciertos ítems, pero totalmente insatisfactoria para otros, bien sea por exceso o por escasez de inventario.

¿Cómo fijar entonces inventarios de seguridad? Una forma adecuada es definirlos utilizando factores comunes, pero **teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda**, de la siguiente forma:

Inventario de Seguridad $SS = k \sigma_L$

Donde:

k = Factor de seguridad dependiente del nivel de servicio deseado, y

σ_L = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total sobre un período de duración L , o sea el tiempo de reposición o lead time.

3.2.7.2 Inventario de seguridad basado en el costo de faltantes

Aquí se tiene en cuenta el costo de falta de inventario para definir el factor de seguridad k , de acuerdo con diversas formas que se expondrán a continuación.

Costo especificado (B1) por cada ocasión en la que ocurren faltantes

En este caso se asume que el costo de faltante de inventario es constante y se incurre en él solo por el hecho de ocurrir el rompimiento de stock. No depende entonces de la magnitud ni de la duración del faltante, solo del evento de ocurrencia. Por ejemplo, esto puede suceder cuando la inminente ocurrencia de un faltante genera una serie de actividades de emergencia para evitarlo.

Costo especificado (B2v) por cada unidad de faltante

En este caso se carga una fracción **B2** del costo unitario del ítem debido al faltante. O sea que el costo unitario de faltante es igual a **B2v**, donde **v** es el valor unitario del ítem. Este tipo de costo se utiliza, por ejemplo, cuando el faltante es cubierto mediante horas extras de producción, lo que ocasiona un sobre costo unitario de producción. También puede ser adecuado cuando la venta se pierde totalmente y el costo es entonces la utilidad unitaria dejada de percibir más cierto valor por pérdida de imagen ante el cliente.

Costo especificado (B3v) por cada unidad de faltante por unidad de tiempo

Aquí se carga una cantidad **B3** por cada peso de faltante (o equivalentemente **B3v** por unidad de faltante) por unidad de tiempo. Este caso se aplica cuando, por ejemplo, se trata de faltantes de repuestos que pueden parar la producción de una máquina hasta que el ítem sea entregado al cliente.

3.2.7.3 Inventario de seguridad basado en el servicio al cliente

Debido a que es muy difícil estimar los costos de faltante de inventario descritos anteriormente, una alternativa puede ser la definición del nivel de servicio requerido. Las definiciones más comunes utilizadas con respecto al nivel de servicio son las que se describen a continuación.

Probabilidad especificada (P1) de no tener un faltante por cada ciclo de reposición

Esta definición es equivalente a la fracción de ciclos en los cuales no ocurre una falta de inventario. La falta de inventario ocurre cuando el inventario a la mano se reduce a cero. Como se expondrá más adelante, la especificación de un factor común **P1** para diversos ítems es equivalente al uso de un factor de seguridad **k** común para ellos. Este nivel de servicio (o de riesgo).

Fracción especificada (P2) de la demanda a ser satisfecha rutinariamente del inventario a la mano (o sea cuando no se pierde la venta o no se satisface mediante una requisición pendiente)

Esta es una de las definiciones de servicio al cliente que más se utiliza en la práctica, y se le conoce comúnmente como 'fill rate'. Puede demostrarse que el uso de un sistema de control basado en este indicador es equivalente a un sistema de control que utilice el costo **B3** definido anteriormente, donde la equivalencia viene dada por:

$$P_2 = \frac{B_3}{B_3 + r}$$

Donde **r** es el ya conocido costo de mantenimiento del inventario.

Fracción de tiempo especificada (P3) de inventario a la mano positivo

Esta definición corresponde a la fracción de tiempo en que el inventario a la mano es positivo. Esta forma es útil cuando se trata de inventarios de emergencia, como pueden ser los bancos de sangre o los inventarios relacionados con las actividades militares. Se puede demostrar que si la demanda sigue una distribución de Poisson, este indicador es equivalente al anterior, o sea a **P2**.

Tiempo promedio especificado (TBS) entre ocurrencias de faltantes

Este indicador representa el valor promedio deseado de ocurrencias de faltantes por año. Si cada ocasión en la que ocurre un faltante se maneja mediante operaciones de emergencia, entonces un valor específico de **TBS** puede ser seleccionado, de tal forma que se tenga un número tolerable de

acciones de emergencia. Este criterio es útil para el control de inventarios de ítems clase C. Su inverso se utiliza también en forma equivalente.

3.2.8 EL SISTEMA (s, Q)

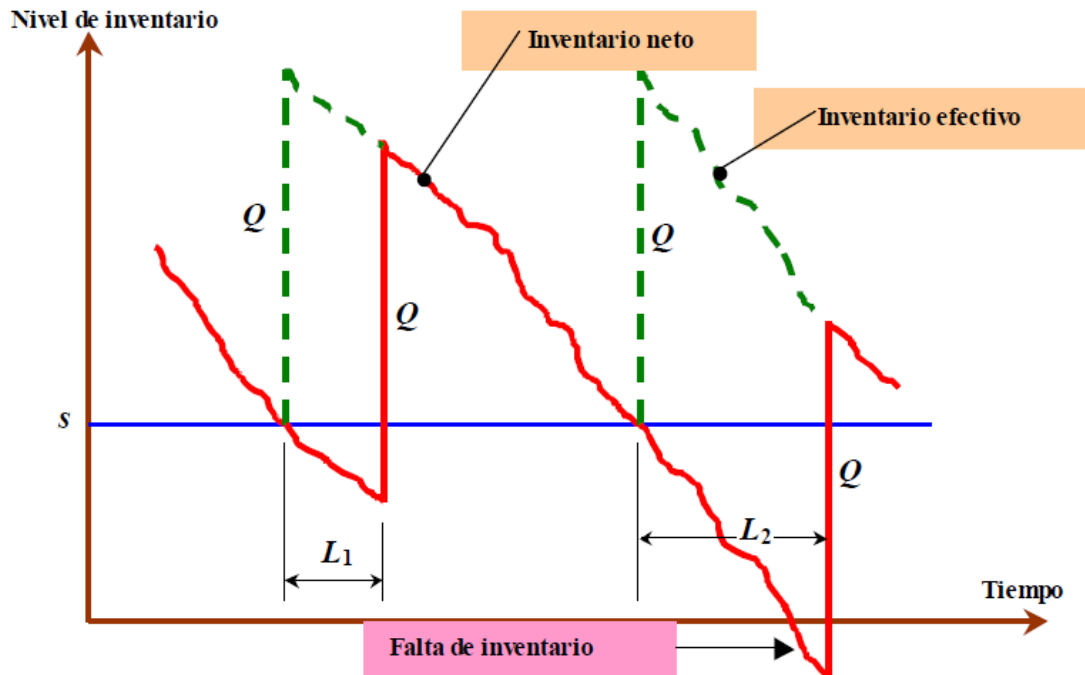


Gráfico 3.2 – El sistema de inventario (s,Q) – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

En este sistema de revisión continua, tan pronto el inventario efectivo llega al nivel de reorden s , se emite un pedido por la cantidad Q . El Gráfico 3.2 representa el proceso del nivel de inventario con respecto del tiempo. La cantidad de pedido Q se considera fija y determinada, y además en este sistema de control se asume inicialmente que el lead time es constante conocido e igual a L . Se representa de esta forma sólo por mostrar el caso más general cuando el tiempo de reposición puede ser en sí una variable aleatoria.

Nótese que en este sistema lo deseable es emitir un pedido cuando el inventario es aún adecuado para evitar un stockout durante el tiempo de reposición L . Si, por ejemplo, el pedido se hace cuando el nivel de inventario efectivo es exactamente igual al punto de reorden s , entonces no ocurrirá un

stockout si y solo si la demanda durante el tiempo de reposición es menor o igual que el punto de reorden s .

En el Grafico 3.2 se ha supuesto que máximo un pedido de reposición esté pendiente en todo momento. Sin embargo, es posible que dos o más pedidos estén pendientes en un momento dado. Cada orden se emite en el momento en que el inventario efectivo es menor o igual que el punto de reorden s . Nótese que el nivel de inventario neto no influye en la decisión de ordenar un pedido, pero es posible que un bajo nivel de inventario neto genere acciones de emergencia para acelerar uno o varios pedidos pendientes, de tal forma que se pueda evitar un inminente stockout.

Nótese también que no necesariamente el nivel de inventario efectivo inmediatamente antes de efectuar un pedido tiene que ser igual a s . Debido al carácter discreto de las transacciones, es probable que una transacción de demanda haga bajar el nivel de inventario por debajo del punto de reposición s , momento en el cual se revisa su nivel. Supóngase que el nivel de inventario baja u unidades por debajo de s . En este caso no ocurrirá un stockout si y solo si $(u +$ la demanda durante el tiempo de reposición) es menor o igual que s , o, equivalentemente, si la demanda durante el tiempo de reposición es menor que $s - u$.

3.2.8.1 Supuestos básicos y notación

Los siguientes supuestos deben tenerse en cuenta en esta sección, independientemente del criterio utilizado para medir el nivel de servicio e independientemente de la distribución probabilística de la demanda durante el tiempo de reposición (o del error de los pronósticos):

- La demanda promedio se asume que varía muy poco con el tiempo. Si este no es el caso, los parámetros de los métodos de control aquí descritos pueden redefinirse periódicamente y adaptarse a la nueva situación.

- Los pedidos se realizan cuando el nivel de inventario efectivo es exactamente igual al punto de reorden s . Esto es equivalente a decir que la demanda ocurre en incrementos unitarios, o que la magnitud del parámetro u descrito anteriormente es despreciable.
- Si hay dos o más pedidos pendientes en el mismo instante de tiempo, éstos se reciben en la misma secuencia en que fueron ordenados. El caso especial del lead time L constante satisface este requerimiento.
- Los costos unitarios de falta de inventario son tan altos que en un procedimiento práctico el nivel promedio de órdenes pendientes (para el cliente) es muy pequeño comparado con el nivel promedio del inventario a la mano. Esto es equivalente a decir que estos sistemas son adecuados para niveles de servicio altos, lo que es precisamente deseado en la práctica.
- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar σ_L sobre un lead time igual a L . Obviamente, la desviación estándar σ_L no se conoce con certeza, y por lo tanto, se utiliza su valor estimado, el cual es proporcionado por el sistema de pronósticos.
- Se asume que el tamaño del pedido Q ha sido predeterminado y es independiente del punto de reorden s . Esto ha demostrado ser muy útil en la práctica, especialmente para el caso de los ítems clase B. Una forma de determinarlo es utilizar el EOQ.

3.2.8.2 Notación básica

D = Demanda en unidades y tiempo.

$G_u(k)$ = Función especial de la distribución normal $N(0, 1)$

k = Factor de seguridad.

L = Tiempo de reposición, en años.

$\rho_u(k)$ = Probabilidad de que la normal unitaria $N(0, 1)$ tome un valor mayor o igual que k .

Q = Tamaño del pedido, en unidades.

r = Costo de mantenimiento del inventario, en %/año.

s = Punto de reorden, en unidades.

SS = Inventario de seguridad, en unidades.

v = Valor unitario, en \$/unidad.

x_L = Demanda esperada sobre el tiempo de reposición L , en unidades.

σ_L = Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L , en unidades.

3.2.8.3 Metodología general para determinar el punto de reorden s

La forma más comúnmente utilizada para determinar el punto de reorden s es mediante la expresión:

$$s = x_L + SS = x_L + k \sigma_L$$

El Gráfico 3.3 ilustra la metodología general para establecer el punto de reorden s .

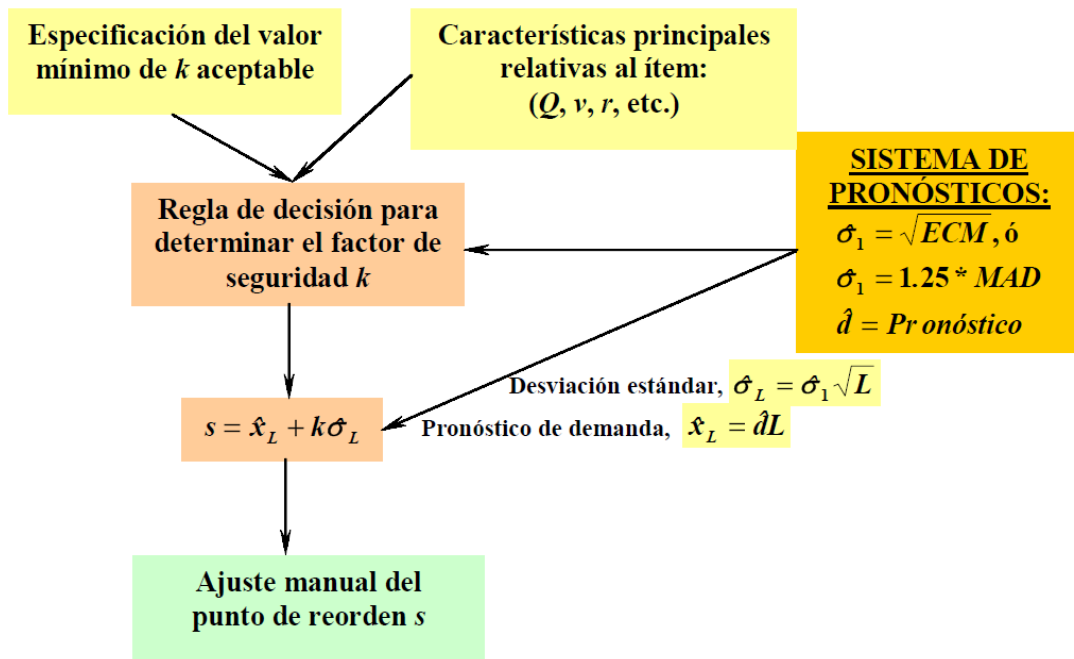


Grafico 3.3 – Metodología para establecer el punto de reorden s – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

3.2.8.4 Costo total relevante

Como se ha expresado anteriormente, el costo total relevante es muy importante para comparar diferentes políticas de control de inventarios. En este capítulo se le adiciona el componente del costo de faltantes. En este caso se tiene lo siguiente:

Costo total relevante (TRC) = Costo anual de ordenamiento (**Cr**) + Costo anual de llevar el inventario basado en el inventario promedio (**Cc**) + Costo anual de los faltantes (**Cs**)

El costo anual de ordenamiento viene dado por:

$$C_r = \frac{AD}{Q}$$

El costo anual de almacenamiento puede expresarse como:

$$C_c = \bar{I}vr = \left(\frac{Q}{2} + k\sigma_L \right) vr$$

El costo anual de faltantes **Cs** varía dependiendo de la definición que se haga del costo de stockout. Para efectos del sistema bajo estudio, se utilizarán dos expresiones para el costo total relevante:

$$TRC_1 = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\sigma_L \right) vr + \frac{D}{Q} B_1 p_u(k)$$

$$TRC_2 = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\sigma_L \right) vr + \frac{D}{Q} (B_2 v) \sigma_L G_u(k)$$

Resumen Sistema (s, Q):

El Sistema (s,Q) determina que hay que ordenar una cantidad Q de cierto artículo bajo análisis cuando el nivel de stock sea “s” (nivel de stock efectivo), que es el punto de reorden. Ocasionando un costo relevante TRC para satisfacer cierta proporción de los clientes, o de los pedidos, que está dado por P_2 .

3.2.9 EL SISTEMA (R, S)

En este sistema de revisión periódica, el inventario se revisa cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión. El Gráfico 3.4 representa el proceso del nivel de inventario con respecto del tiempo. El intervalo de revisión R se considera fijo y determinado con anterioridad, con base en el EOQ expresado en unidades de tiempo, por ejemplo. Se asume aquí también que el lead time L es constante.

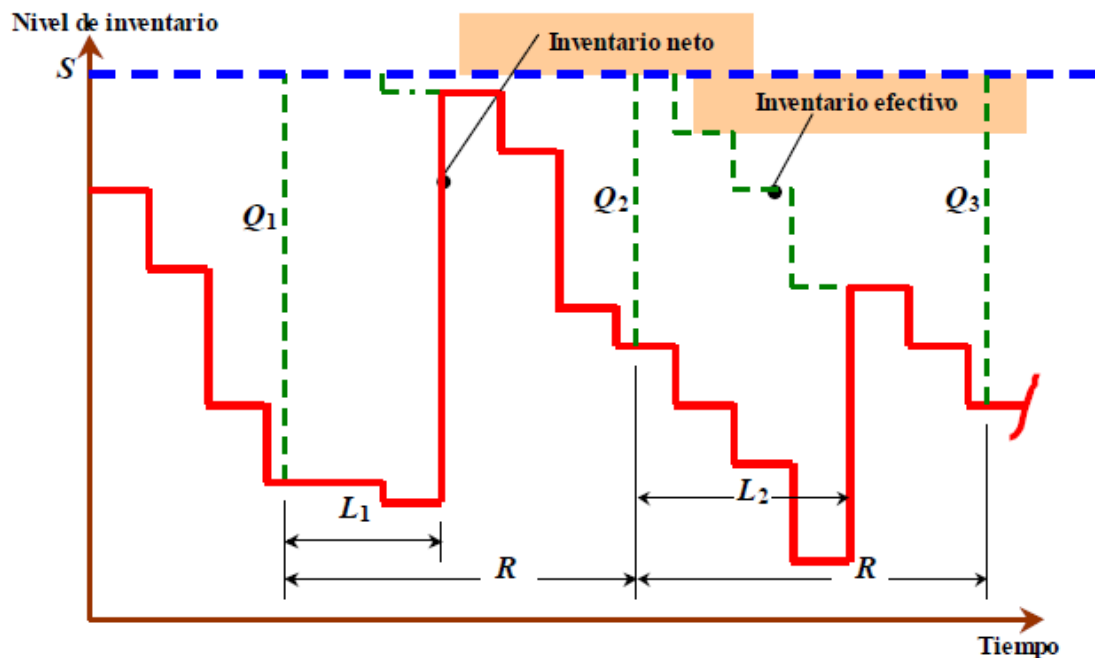


Gráfico 3.4 – Sistema de Inventario (R, S) – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

Existe una estrecha relación entre el sistema (R, S) y el sistema (s, Q). Simplemente, en todas las expresiones anteriormente presentadas, se deben hacer las siguientes sustituciones:

| <u>Sistema (s, Q)</u> | <u>Sistema (R, S)</u> |
|-----------------------|-----------------------|
| <i>s</i> | <i>S</i> |
| <i>Q</i> | <i>DR</i> |
| <i>L</i> | <i>R + L</i> |

Tabla 3.2 – Sistema de Inventario (R, S), diferencias Sistema (s,Q) – Fuente: (Vidal Holguín, 2005)

Este sistema también opera bajo ciertos supuestos, a saber:

- La demanda promedio varía poco en el tiempo.
- La probabilidad de tener demanda igual a cero entre revisiones sucesivas del inventario es muy pequeña; por lo tanto, se asume que cada vez que se revisa el inventario, se ordena un pedido.
- El tiempo de reposición se asume constante.
- Los costos unitarios de falta de inventario son tan altos que en un procedimiento práctico el nivel promedio de órdenes pendientes (para el cliente) es muy pequeño comparado con el nivel promedio del inventario a la mano. Esto es equivalente a decir que estos sistemas son adecuados para niveles de servicio altos, lo cual es lo deseado en la práctica.
- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar $\sigma (R+L)$ sobre el intervalo de revisión más el Lead Time, $R + L$. Obviamente, la desviación estándar $\sigma (R+L)$ no se conoce con certeza, y por lo tanto, se utiliza su valor estimado $\sigma (R+L)$, lo cual se hace a través del valor de σ_1 suministrado por el sistema de pronósticos.
- El valor de R es pre-determinado, lo cual es adecuado para el manejo de inventarios de ítems clase B.
- Los costos de control del sistema no dependen de la magnitud de S.

Una observación importante radica en el hecho de que para este sistema la protección del inventario de seguridad debe darse para un período de tiempo igual

a la suma del lead time y el intervalo de revisión del inventario, o sea para el período $R + L$. Además, es conveniente adicionar cierto porcentaje al costo de ordenamiento A , incremento ocasionado por la revisión del inventario. Por esta razón, la notación cambia de acuerdo con los siguientes parámetros:

A' = Costo fijo de ordenamiento incrementado en el costo de revisión del inventario, en \$/pedido.

R = Intervalo de revisión pre-especificado (o calculado con base en el EOQ), en unidades de tiempo.

S = Nivel máximo de inventario hasta el cual se ordena, en unidades.

$x(R+L)$ = Demanda pronosticada sobre un intervalo de tiempo igual a $R + L$.

$\sigma(R+L)$ = Desviación estándar estimada de los errores de pronósticos sobre un intervalo igual a $R + L$.

En cuanto al costo total relevante, las ecuaciones TRC para el sistema (s, Q) siguen siendo válidas para calcular dicho costo, reemplazando a A , Q y σ_L por A' , DR y $\sigma(R + L)$, respectivamente.

CAPÍTULO 4

4. Particularidades del Rubro Ferretero. Principios de Almacenaje. Estrategia de las 5´S.

4.1 Significado y contexto de un negocio ferretero

El significado de la palabra Ferretería en el diccionario es el siguiente: “Una ferretería es un establecimiento comercial dedicado a la venta de útiles para el bricolaje, la construcción y las necesidades del hogar, normalmente es para el público en general aunque también existen dedicadas a profesionales con elementos específicos como: cerraduras, herramientas de pequeño tamaño, clavos, tornillos, silicona, persianas, maquinas eléctricas y demás”.

Si bien una ferretería es un negocio como cualquier otro, pero se compone de una cantidad significativa de artículos para comercializar. Dado que apunta a solucionar los problemas del hogar, como así también atender a la construcción o satisfacer la necesidad específica de algunas tareas profesionales u oficios, el espectro de productos que se incluyen en el rubro es muy diverso. Es por eso que la diversidad de productos es una característica distintiva del rubro, y es un aspecto importante a tener en cuenta para manejar un negocio de este tipo.

La diversidad de artículos es tan significativa como también su diferencia en la rotación de ventas y en la rentabilidad de cada producto. El stock necesario para atender este tipo de negocio suele ser superior a negocios de otros rubros con similar monto de ventas. Los productos van desde muy pequeños a muy grandes, según su tamaño, por lo que el manejo del stock y su almacenamiento constituye una instancia importante dentro del negocio. Dicho stock no solo tiene que corresponderse con la diversidad de la demanda, con su ubicación geográfica, lo que determina su demanda específica, y además con las demandas estacionales de ciertos artículos, que en este rubro se presenta de forma muy marcada. Además se deben priorizar aquellos productos que mayores márgenes de rentabilidad generan, asegurando evitar el faltante de stock.

Un tema relevante es la ubicación de los artículos dentro del depósito o almacén, por lo que se pueden citar algunos principios de Almacenaje. Pero también reviste importancia no solo la ubicación, sino también la limpieza, el orden, la identificación, y la metodología, por lo que se menciona la Estrategia de las 5'S, que es plenamente aplicable a negocios de este rubro.

4.2 Principios de Almacenaje. (Facultad de Ciencias Economicas)

Ante cualquier decisión de almacenaje que se adopte se deben tener siempre en cuenta las siguientes reglas generales o Principios de Almacenaje.

- El almacén no es un ente aislado, independiente del resto de las funciones de la empresa. En consecuencia, su planificación deberá ser acorde con las políticas generales de ésta e insertarse en la planificación general para participar de sus objetivos empresariales.
- Las cantidades almacenadas se calcularán para que los costes que originen sean mínimos, siempre que se mantengan los niveles de servicios deseados, evitando los faltantes de stock, sobre todo como se mencionó de los artículos que mayor participación tienen en la ganancia de la empresa.
- La disposición del almacén deberá ser tal que exija los menores esfuerzos para su funcionamiento ; para ello deberá minimizarse:
 - El Espacio empleado. Utilizando al máximo el volumen de almacenamiento disponible.
 - El Tráfico interior, que depende de las distancias a recorrer y de la frecuencia con que se produzcan los movimientos.
 - Los Movimientos. atendiendo al mejor aprovechamiento de los medios disponibles y a la utilización de cargas completas.

- Los Riesgos. Debe considerarse que unas buenas condiciones ambientales y de seguridad incrementan notablemente la productividad del personal.
- Por último, un almacén debe ser lo más flexible posible en cuanto a su estructura e implantación, de forma que pueda adaptarse a las necesidades de evolución en el tiempo. (Render, 2009)

4.3 ¿Qué es la estrategia de las 5´S?

No es objeto de este trabajo la aplicación práctica del método 5´S, pero resulta necesario mencionarlo porque se corresponde con una estrategia factible de realizar para solucionar parte de los problemas abordados en análisis de los Capítulos subsiguientes.

El método de las 5´S hace referencia al principio de orden y limpieza. Está ligada al principio de calidad total que se originó en el Japón a partir de la segunda guerra mundial, bajo la orientación de W. E. Deming hace más de 40 años y está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o gemba kaizen. Sus objetivos principales eran eliminar los obstáculos que impiden una producción eficiente, pero su desarrollo trajo aparejado una mejora sustantiva de la higiene y seguridad durante los procesos productivos. Se basa en una premisa básica “Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce”. (Cerdeira)

Se puede esquematizar el método como:

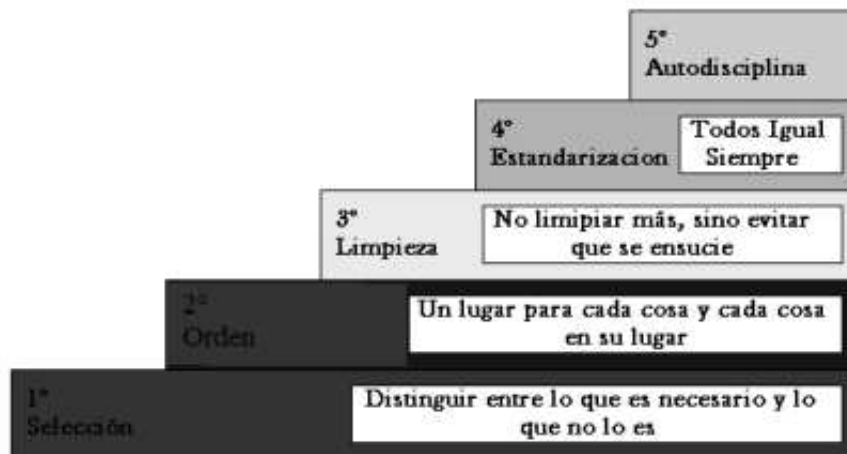


Grafico 4.1 – Estrategia 5’S – Fuente: (Cerde)

Se llama estrategia de las 5S porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza con la letra S:

- Seiri. (Clasificar)
- Seiton. (Orden)
- Seiso. (Limpieza)
- Seiketsu. (Limpieza Estandarizada)
- Shitsuke. (Disciplina)

Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Una fábrica, negocio o almacén limpio y seguro nos permite orientar la empresa y los talleres de trabajo hacia las siguientes metas:

- Dar respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Buscar la reducción de pérdidas por la baja calidad, tiempo de respuesta y costes con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral en el trabajo.

- Facilitar la creación de las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos de trabajo, gracias a la inspección permanente por parte de la persona que opera la maquinaria.
- Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y ajuste.
- Hacer uso de elementos de control visual para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo u objeto del negocio.
- Conservar del sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5S.
- Poder implementar programas de mejora continua.
- Reducir las causas potenciales de accidentes y aumentar la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

4.3.1 SEIRI – Clasificación (“Desechar lo que no se necesita”)

La primera "S" de esta estrategia aporta métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios.

El Seiri consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

El primer y más directo impacto del Seiri está relacionado con la seguridad. Ante la presencia de elementos innecesarios, el ambiente de trabajo es tenso, impide la visión completa de las áreas de trabajo, todo esto hace que el área de trabajo sea más insegura.

- La práctica del Seiri además de los beneficios en seguridad permite:
- Reducir los tiempos de acceso a las mercaderías, materiales, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos.
- Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que se requieren.

La implementación del Seiri es mediante la confección de una lista de elementos innecesarios en el lugar seleccionado para implantar las 5S. Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación.

4.3.2 SEITON – Ordenar (“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”)

Una vez que hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para reducir el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de las herramientas).

Seiton permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar y a su vez disponer de sitios para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos.

- Identificar y marcar todos los artículos de acuerdo a su rubro.

Beneficios del Seiton para el trabajador:

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética del negocio se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios.

En las oficinas, Seiton tiene como propósito facilitar los archivos y la búsqueda de documentos, mejorar el control visual de las carpetas y la eliminación de la pérdida de tiempo en el acceso a la información.

Seitón, se implementa principalmente gracias al control visual, entendido como un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver.

Una vez que se ha decidido las mejores localizaciones, es necesario un modo para identificar estas localizaciones de forma que cada uno sepa donde están las cosas, y cuántas cosas de cada elemento hay en cada sitio. Para esto se pueden emplear: indicadores de ubicación; indicadores de cantidad; letreros y tarjetas; nombre de las áreas de trabajo; localización de stocks; lugar de almacenaje de equipos; procedimientos estándares; disposición de las máquinas; puntos de lubricación, limpieza y seguridad.

4.3.3 SEISO – Limpieza (“Limpiar el sitio de trabajo y los equipos y prevenir la suciedad y el desorden”)

Seiso implica inspeccionar los equipos, las herramientas y las mercaderías durante el proceso de limpieza. De esta manera se identifican problemas de averías, fallos o cualquier tipo de inconveniente.

Para aplicar Seiso se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumirse la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección"

No se trata únicamente de eliminar la suciedad, sino también:

- Reduce el riesgo potencial de accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Incrementa la vida útil de los equipos, materiales y herramientas, al evitar su deterioro por suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza.
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

El Seiri debe implementarse siguiendo una serie de pasos que ayuden a crear el hábito de mantener el sitio de trabajo en correctas condiciones. El proceso debe apoyarse en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución.

Paso 1. Campaña o jornada de limpieza.

En esta jornada se eliminan los elementos innecesarios y se limpia el equipo, pasillos, armarios, almacenes, etc. Esta clase de limpieza no se puede considerar un Seiso totalmente desarrollado, ya que se trata de un buen inicio y preparación para la práctica de la limpieza permanente. Esta jornada de limpieza ayuda a obtener un estándar de la forma como deben estar los equipos y las mercaderías permanentemente. Esta jornada o campaña crea la motivación y sensibilización para iniciar el trabajo de mantenimiento de la limpieza y progresar a etapas superiores Seiso.

Paso 2. Planificar el mantenimiento de la limpieza.

El encargado debe asignar un contenido de trabajo de limpieza en la compañía. Si se trata de un equipo de gran tamaño o una línea compleja, será necesario dividirla y asignar responsabilidades por zona a cada trabajador.

Paso 3. Preparar el manual de limpieza.

El manual de limpieza debe incluir:

- Propósitos de la limpieza.
- Gráficos donde se indiquen la asignación de zonas o partes del taller.
- Fotografía del equipo humano que interviene en el cuidado de la sección.
- Elementos de limpieza necesarios y de seguridad.
- Diagrama de flujo a seguir.
- Estándares para procedimientos de limpieza. Conocer el procedimiento de limpieza para emplear eficientemente el tiempo. El estándar puede contener fotografías que sirvan de referencia sobre el estado en que debe quedar el equipo.

Paso 4. Preparar elementos para la limpieza.

Aquí se aplica el Seiton a los elementos de limpieza, almacenados en lugares fáciles de encontrar y devolver. El personal debe estar entrenado sobre el empleo y uso de estos elementos desde el punto de vista de la seguridad y conservación de estos.

Paso 5. Implantación de la limpieza.

Se debe insistir que la limpieza es un evento importante para aprender del equipo e identificar a través de la inspección las posibles mejoras que requiere el equipo. La información debe guardarse en fichas o listas para su posterior análisis y planificación de las acciones correctivas. Con esta técnica se podrá mantener actualizado al personal sobre cualquier cambio o mejora en los métodos de limpieza.

4.3.4 SEIKETSU – Limpieza Estandarizada (“Preservar altos niveles de organización, orden y limpieza”)

Seiketsu es la metodología que permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada con las acciones ya realizadas. "Se deben preparar estándares para cada empresa en particular". Cuando los estándares son impuestos, estos no se cumplen satisfactoriamente, en comparación con aquellos que desarrollamos gracias a un proceso de formación previo.

Seiketsu o estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento. – Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de como se debe mantener las zonas de cuidado.
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y ajustes son la base del mantenimiento autónomo.

Para la implementación de Seiketsu:

Paso 1. Asignar trabajos y responsabilidades.

Cada operario debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo.

Paso 2. Integrar las acciones Seiri, Seiton y Seiso en los trabajos de rutina.

El mantenimiento de las condiciones debe ser una parte natural de los trabajos regulares de cada día. En caso de ser necesaria mayor información, se

puede hacer referencia al manual de limpieza preparado para implantar Seiso. Los sistemas de control visual pueden ayudar a realizar "vínculos" con los estándares.

4.3.5 SHITSUKE – Disciplina (“Crear hábitos basados en las 4's anteriores”)

Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la disciplina. Su aplicación nos garantiza que la seguridad será permanente, la productividad mejorará en forma progresiva y la calidad de los productos será excelente.

Shitsuke implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa:

- Respetar las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y respetar las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

Gracias a la aplicación de Shitsuke:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre las personas.
- La moral en el trabajo se incrementa
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.

- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

El principio de las 5's puede ser utilizado para romper con los viejos procedimientos e implantar una cultura nueva a efectos de incluir el mantenimiento del orden, la limpieza e higiene y la seguridad como un factor esencial dentro del proceso productivo, de calidad y de los objetivos generales de la organización.

CAPÍTULO 5

5. Relevamiento del Inventario de una Ferretería

Desarrollado el marco teórico de los Sistemas de control de Inventario se pasa a aplicarlo al negocio en cuestión. Para iniciar con la aplicación se realiza un Análisis ABC, que se menciona a continuación.

5.1 Análisis ABC

Si analizamos el Inventario del una Ferretería ubicada en la Ciudad de Córdoba, negocio en el cual se centra este trabajo, podemos determinar a través de un Análisis ABC el tipo de mercadería que se maneja, con su respectivo nivel de facturación y aplicar los métodos desarrollados en los capítulos precedentes para el Control de Inventario.

Luego de analizar el stock se determinó que se cuenta con una cantidad aproximada de 2227 artículos, en donde se cumple la teoría de Pareto, la cual indica que el 20% de los artículos, en este caso menos, se corresponde con más del 80% de las ventas.

| Artículos | Cantidad | | VENTAS |
|------------------|-----------------|------|---------------|
| A | 260 | 12% | 80% |
| B | 1000 | 45% | 15% |
| C | 967 | 43% | 5% |
| | 2227 | 100% | 100% |

Tabla 5.1 – Análisis ABC - Fuente: elaboración propia

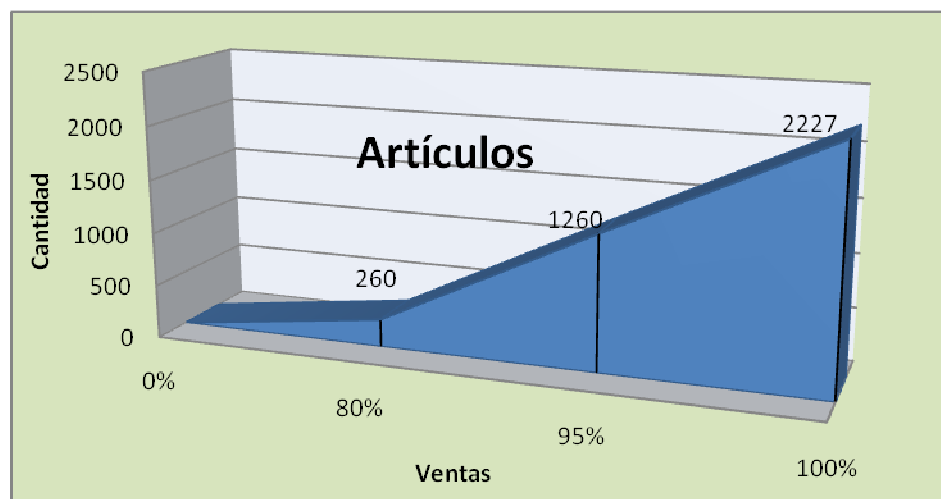


Gráfico 5.1 – Análisis ABC - Fuente: elaboración propia

Como se puede observar solo el 12% de los artículos se corresponden con el 80% de las ventas. Esto quizás se puede explicar desde el punto de vista de la Demanda específica que tiene el negocio bajo análisis. Dado que es un ferretería ubicada en un barrio tradicional de la Ciudad de Córdoba, que se ha iniciado hace aproximadamente 4 años y todavía no ha desarrollado una política de ventas que le permita superar las barreras geográficas, y siendo su principal caudal de ventas las que son por proximidad, teniendo así una demanda muy marcada de determinados productos que se reitera mes a mes.

A su vez, si se incorpora según el análisis ABC, los productos clase B y se los suma a la clase A, se puede apreciar que el 95% de las ventas está dado por el 57% de los artículos. Por lo que el 43% de los artículos, que se corresponden con la clase C, solo generan el 5% de las ventas. Según información proporcionada por el negocio, el capital destinado en estos productos (clase C) es aproximadamente de \$150.000. Está dado por productos que debido a los cambios en las modalidades constructivas y a los nuevos insumos disponibles en el mercado, han pasado a ser obsoletos o de uso muy ocasional. Se puede citar como ejemplo las cañerías sanitarias, como ser los desagües cloacales y las conexiones tanto de agua fría como caliente, que en la actualidad se está usando el sistema conocido como termofusión dejando en desuso, salvo para repuestos, los sistemas anteriores. Así también se puede enunciar productos de demanda

estacional, cuya venta es muy específica en determinados meses por lo que analizando en términos de un año, su participación es sustancialmente menor, como ser los productos de pileta y los artículos de gas, siendo su consumo sobretudo al comienzo del verano y del invierno respectivamente.

5.2 Selección de Artículos a analizar

Para poder aplicar los métodos de control de Inventario dada la complejidad de hacerlo para todo el stock de la ferretería, se han seleccionado 6 artículos, 2 de cada categoría con la intención de determinar el stock óptimo. Se enuncia a continuación los artículos seleccionados:

| Clase | ARTÍCULOS |
|--------------|---|
| A1 | DISCO CORTE PLANO RHEIN P/METAL 115X1ML OXIDO DE ALUMINIO |
| A2 | LA GOTITA 2ML |
| B1 | DESTORNILLADOR CROSS PHILIPS 5X75 |
| B2 | PINCEL VIROLA N°1 NUM. 15 TOQUES |
| C1 | VÁLVULA DE RETENCIÓN DE BRONCE 3/4" |
| C2 | CARTUCHO DE GAS BUTANO 190 GRAMOS |

Tabla 5.2 – Selección de Artículos a Analizar - Fuente: elaboración propia

5.3 Demanda Estimada

A través de la herramienta **Crystal Ball**, pronosticamos la demanda de los artículos seleccionados en el punto anterior para el mes de enero 2016, en base a las demandas históricas mes a mes de cada uno de los productos en el año 2015. En la Tabla a continuación se detalla las demandas históricas y la demanda pronosticada para el mes de enero 2016.

| | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| ene-15 | 22 | 18 | 4 | 22 | 0 | 2 |
| feb-15 | 25 | 17 | 5 | 18 | 0 | 3 |
| mar-15 | 21 | 22 | 7 | 32 | 0 | 1 |
| abr-15 | 20 | 15 | 6 | 23 | 1 | 2 |
| may-15 | 19 | 25 | 5 | 15 | 0 | 1 |
| jun-15 | 23 | 19 | 15 | 24 | 2 | 1 |
| jul-15 | 18 | 18 | 16 | 18 | 0 | 3 |
| ago-15 | 22 | 22 | 8 | 23 | 0 | 2 |
| sep-15 | 24 | 25 | 9 | 25 | 0 | 1 |
| oct-15 | 22 | 30 | 10 | 16 | 1 | 3 |
| nov-15 | 26 | 15 | 11 | 26 | 0 | 4 |
| dic-15 | 19 | 28 | 11 | 22 | 0 | 2 |
| ene-16 | 22,00 | 25,59 | 10,74 | 22,40 | 0,22 | 2,00 |

Tabla 5.3 – Demanda Pronosticada según Crystal Bal I- Fuente: elaboración propia

A su vez el **Crystal Ball** arroja el reporte de parámetros y datos estadísticos de cada uno de los Artículos seleccionados, que permite obtener los datos necesarios para aplicar los métodos de control de inventarios seleccionados.

Se enuncia a continuación el reporte para cada artículo que arroja el **Crystal Ball**:

Series: A1

Method: Double Exponential Smoothing

Parameters:

Alpha: 0.001

Beta: 0.001

Error: 2.4507

Datos estadísticos:

Mean: 21,75

Std. Dev.: 2,49089E+14

Minimum: 18

Maximum: 26

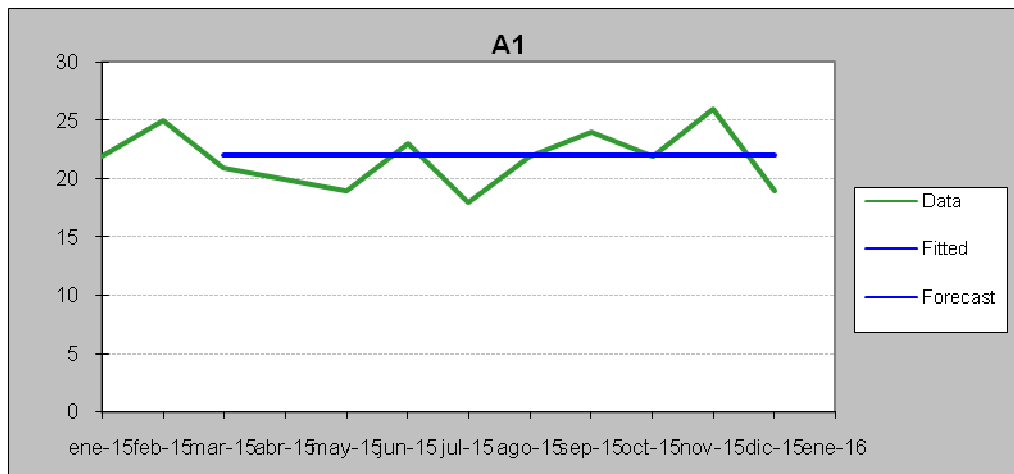
Ljung-Box: 0,979948256871334

Pronóstico:

| Date | Lower: 5% | Forecast | Upper: 95% |
|--------|------------|------------|------------|
| ene-16 | 17,7832356 | 21,9969971 | 26,2107586 |

Métodos:

| | Method | RMSE | MAD | MAPE |
|-------|------------------------------|--------|--------|--------|
| Best: | Double Exponential Smoothing | 2,4507 | 2,0026 | 9,67% |
| 2nd: | Single Exponential Smoothing | 2,5056 | 2,0933 | 9,89% |
| 3rd: | Single Moving Average | 2,9655 | 2,7143 | 12,55% |
| 4th: | Double Moving Average | 4,0261 | 3,1905 | 15,19% |



Series: A2

Method: Double Exponential Smoothing

Parameters:

Alpha: 0.080

Beta: 0.999

Error: 5.1506

Datos estadísticos:

Mean: 2,11667E+14

Std. Dev.: 4,98786E+14

Minimum: 15

Maximum: 30

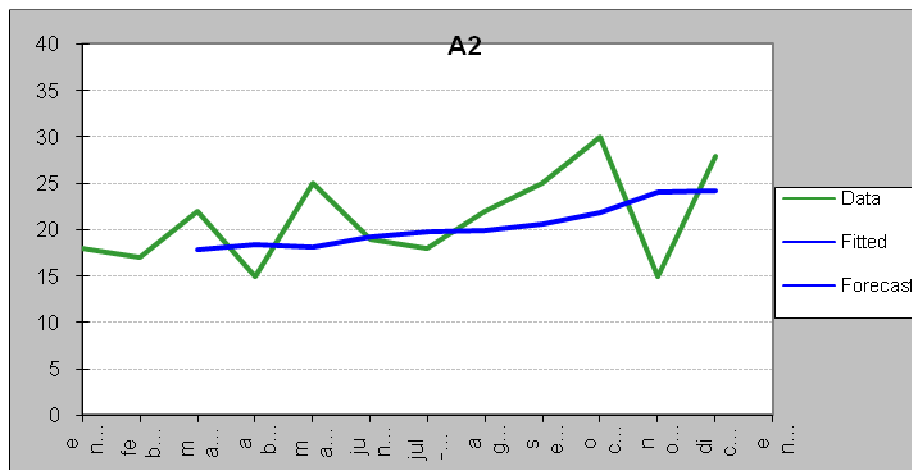
Ljung-Box: 216037090271417,0000

Pronóstico:

| Date | Lower: 5% | Forecast | Upper: 95% |
|--------|------------|------------|------------|
| ene-16 | 16,9598523 | 25,5946631 | 34,2294739 |

Métodos:

| Method | RMSE | MAD | MAPE |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Double Exponential Smoothing | | | |
| Best: | 5,1506 | 4,3805 | 20,79% |
| 2nd: Single Moving Average | 5,3276 | 4,4857 | 20,37% |
| Single Exponential Smoothing | | | |
| 3rd: | 5,3427 | 4,5248 | 20,75% |
| 4th: Double Moving Average | 7,8224 | 6,0159 | 31,09% |



Series: B1

Method: Single Exponential Smoothing

Parameters:

Alpha: 0.516

Error: 3.8497

Datos estadísticos:

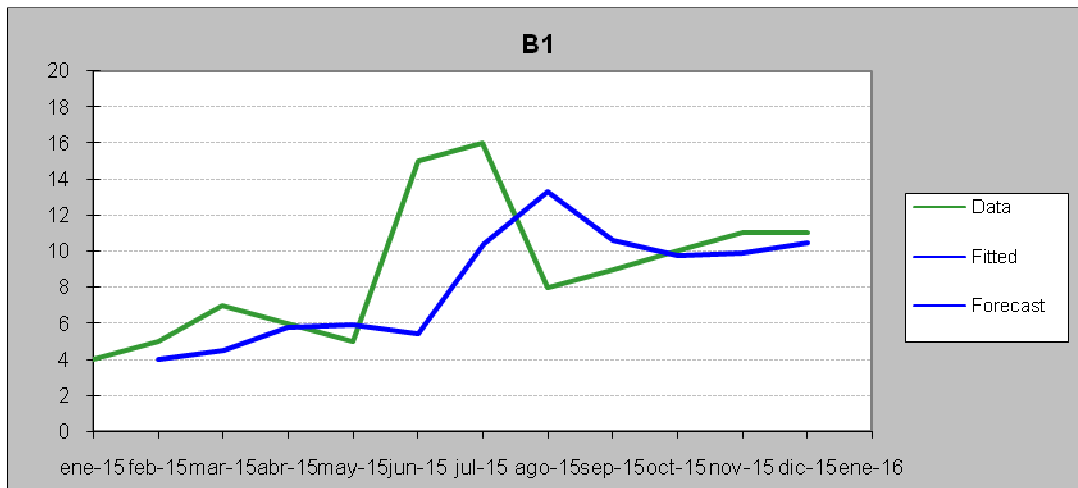
Mean: 8,91667E+14
Std. Dev.: 3,87201E+14
Minimum: 4
Maximum: 16
Ljung-Box: 25418270203932,0000

Pronóstico:

| Date | Lower: 5% | Forecast | Upper: 95% |
|--------|------------|------------|------------|
| ene-16 | 4,11617335 | 10,7376141 | 17,3590549 |

Métodos:

| | Method | RMSE | MAD | MAPE |
|-------|---|--------|--------|--------|
| Best: | Single Exponential Smoothing | 3,8497 | 2,5927 | 25,15% |
| 2nd: | Single Moving Average Double Exponential | 3,9886 | 2,4545 | 26,21% |
| 3rd: | Smoothing | 4,0249 | 2,7381 | 25,54% |
| 4th: | Double Moving Average | 6,4037 | 5,4444 | 52,29% |



Series: B2

Method: Single Moving Average

Parameters:

Periods: 5

Error: 3.6111

Datos estadísticos:

Mean: 22

Std. Dev.: 4,74821E+13

Minimum: 15

Maximum: 32

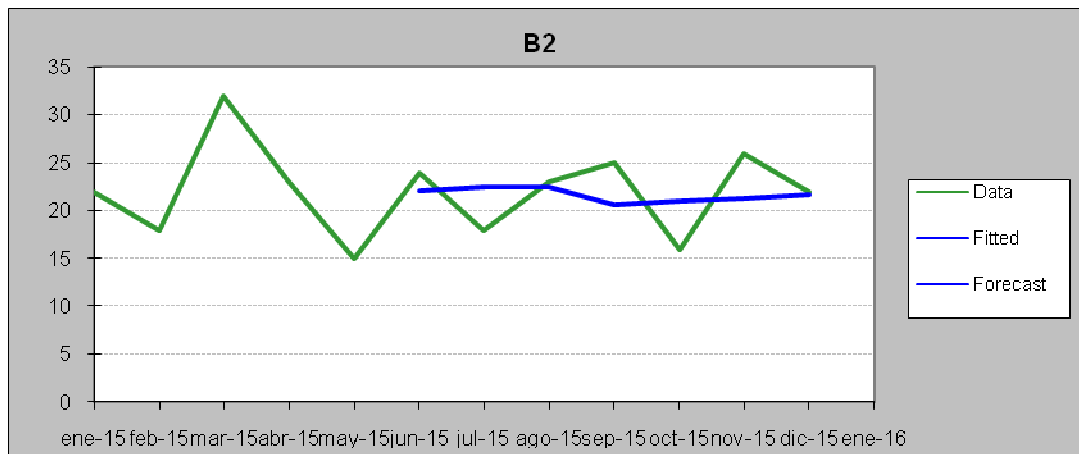
Ljung-Box: 474283495727304,0000

Pronóstico:

| Date | Lower: 5% | Forecast | Upper: 95% |
|--------|------------|----------|------------|
| ene-16 | 16,4597503 | 22,4 | 28,3402497 |

Métodos:

| | Method | RMSE | MAD | MAPE |
|-------|------------------------------|--------|--------|--------|
| Best: | Single Moving Average | 3,6111 | 3,0857 | 14,93% |
| 2nd: | Single Exponential Smoothing | 4,7506 | 3,8196 | 18,58% |
| 3rd: | Double Exponential Smoothing | 4,8192 | 3,8016 | 18,21% |
| 4th: | Double Moving Average | 4,8977 | 3,8571 | 18,84% |



Series: C1

Method: Single Exponential Smoothing

Parameters:

Alpha: 0.094

Error: 0.7155

Datos estadísticos:

Mean: 0,3333333333333333

Std. Dev.: 0,65133894727893

Minimum: 0

Maximum: 2

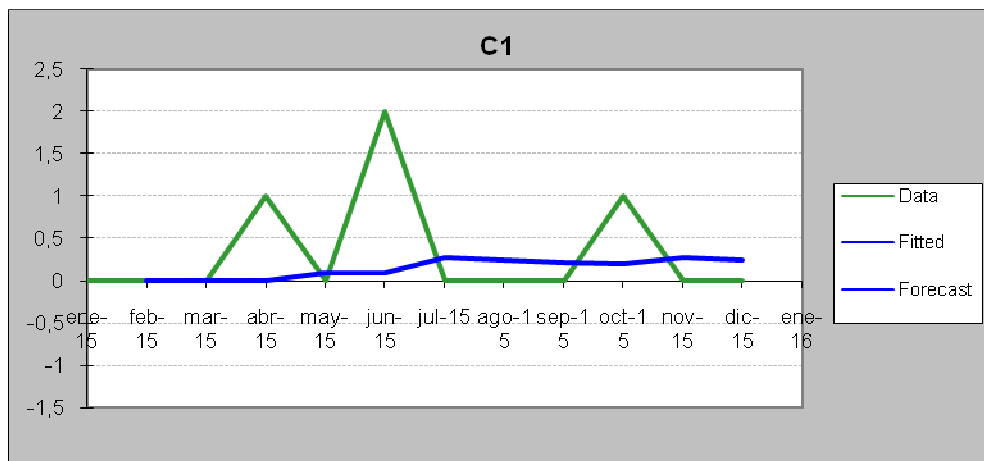
Ljung-Box: 313939393939394,0000

Pronóstico:

| Date | Lower: 5% | Forecast | Upper: 95% |
|--------|------------|------------|------------|
| ene-16 | -1,0101126 | 0,22426078 | 1,4586342 |

Métodos:

| | Method | RMSE | MAD | MAPE |
|-------|------------------------------|--------|--------|---------|
| Best: | Single Exponential Smoothing | 0,7155 | 0,4598 | 91,99% |
| 2nd: | Double Exponential Smoothing | 0,7504 | 0,5058 | 91,93% |
| 3rd: | Single Moving Average | 0,7806 | 0,625 | 68,75% |
| 4th: | Double Moving Average | 1,2121 | 1,0317 | 130,56% |



Series: C2

Method: Single Exponential Smoothing

Parameters:

Alpha: 0.001

Error: 1.0005

Datos estadísticos:

Mean: 2,08333E+14

Std. Dev.: 0,996204919895622

Minimum: 1

Maximum: 4

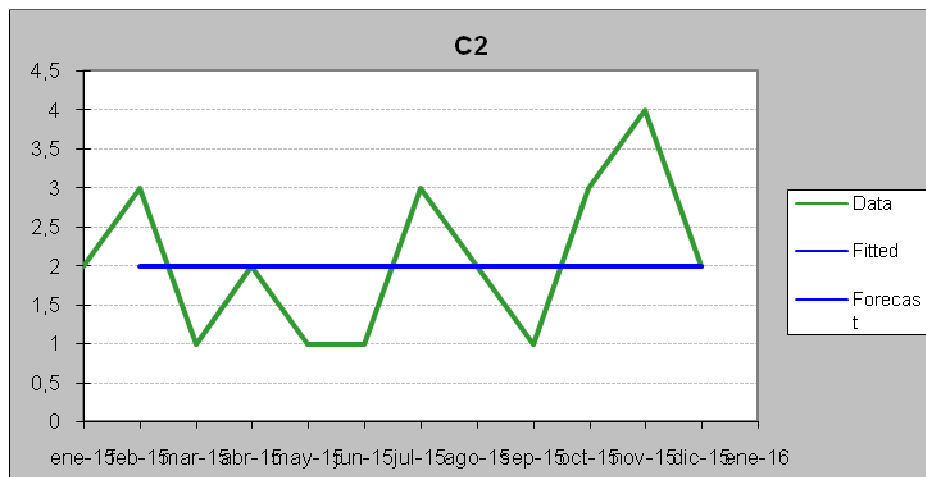
Ljung-Box: 186508697487079,0000

Pronóstico:

| Date | Lower: 5% | Forecast | Upper: 95% |
|--------|-----------|------------|------------|
| ene-16 | 0,355185 | 2,00100598 | 3,64682696 |

Métodos:

| | Method | RMSE | MAD | MAPE |
|-------|------------------------------|--------|--------|--------|
| Best: | Single Exponential Smoothing | 1,0005 | 0,8187 | 50,01% |
| 2nd: | Double Exponential Smoothing | 1,0005 | 0,8006 | 51,68% |
| 3rd: | Single Moving Average | 1,0773 | 0,8889 | 46,91% |
| 4th: | Double Moving Average | 1,4432 | 1,254 | 64,55% |



CAPÍTULO 6

6. Aplicación de las metodologías analizadas de determinación de Stock Óptimo

6.1 Datos

Dada la demanda estimada obtenida en el capítulo anterior para el mes de enero 2016, y la desviación estadar junto con otros datos que nos arroja el reporte del *Crystal Ball* para cada uno de los artículos, se procede a determinar el resto de los parámetros necesarios para poder aplicar los métodos de control de stock.

| | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| D | 22,00 | 25,59 | 10,74 | 22,40 | 0,22 | 2,00 |
| σ_1 | 2,4507 | 5,1506 | 3,8497 | 3,6111 | 0,7155 | 1,0005 |

Tabla 6.1 – Parámetros obtenidos por el Crystal Ball - Fuente: elaboración propia

Parámetros necesarios para aplicar los métodos (s,Q) y (R,S):

| PARÁMETRO | CONCEPTO |
|----------------|---|
| A | COSTO DE ORDENAMIENTO - (s, Q) |
| A' | COSTO DE ORDENAMIENTO - (R,S) |
| r | COSTO MENSUAL POR MANTENIMIENTO DE UNIDADES EN STOCK |
| v | VALOR UNITARIO DEL ITEM |
| L | TIEMPO DE REPOSICIÓN |
| P ₂ | NIVEL REQUERIDO DE SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA CON EL STOCK DISPONIBLE |
| B ₂ | COSTO DE NO CUMPLIR LA DEMANDA CON EL STOCK DISPONIBLE |

Tabla 6.2 – Significado de los Parámetros - Fuente: elaboración propia

Enunciados los parametros necesarios, se solicitan al negocio en cuestión para proceder a la aplicación de los métodos de control de stock. En el cuadro a continuación se determinan los parámetros para los artículos seleccionados en el Análisis:

| | A1 | A2 | B1 | B2 | C1 | C2 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| A | \$ 50 | \$ 100 | \$ 50 | \$ 40 | \$ 30 | \$ 50 |
| r (MENSUAL) | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% |
| v | 18 | 14 | 50 | 24 | 93 | 66 |
| L (meses) | 0,23 | 1,00 | 0,50 | 0,23 | 1,00 | 0,50 |
| P₂ | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% |
| B₂ | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| A´ | \$ 60 | \$ 120 | \$ 70 | \$ 60 | \$ 50 | \$ 60 |
| D | 22,00 | 25,59 | 10,74 | 22,40 | 0,22 | 2,00 |
| σ₁ | 2,4507 | 5,1506 | 3,8497 | 3,6111 | 0,7155 | 1,0005 |

Tabla 6.3 – Parámetros de Artículos a Analizar - Fuente: elaboración propia

6.2 Aplicación práctica de los métodos de control de Stock

A continuación se aplicarán los Sistemas (s, Q) y (R, S) para cada uno de los artículos seleccionados. Los cálculos necesarios para llegar a los resultados, se obtienen mediante la utilización de la planilla de cálculos Excel.

| A1 | | | |
|----------------|--------------|--------------------|--------|
| Parámetros | | Sistema (s,Q) | |
| A | \$ 50 | EOQ=Q | 110,55 |
| r | 1% | σ _L | 1,18 |
| v | 18 | G _u (k) | 4,67 |
| L (meses) | 0,23 | k | 0,00 |
| P ₂ | 95% | s | 5,13 |
| B ₂ | 30% | TRC | 25,84 |
| D | 22,00 | x _L | 5,13 |
| σ ₁ | 2,4507 | | |

Tabla 6.4 – Sistema (s, Q) artículo A1 - Fuente: elaboración propia

La política de Inventario (s,Q) indica ordenar 111 (EOQ=Q) unidades cuando el nivel efectivo de inventario sea s=5. Siguiendo esta política se lograría satisfacer al cliente un 95% de la veces . El costo total relevante es de \$25,84 por mes.

Como el Stock del negocio en cuestión de este artículo A1 es de 50 unidades, este sistema de control de inventarios me indica que se deberían

comprar 66 para llegar a conformar el stock óptimo de 116 unidades, que se compone de sumar las 111 unidades a solicitar más el stock efectivo ($s=5$). Dado el precio de costo (\$11,01) de este artículo proporcionado el dato a valores de enero 2016, se debería incurrir en una inversión de \$726,66 para llegar al stock óptimo.

| A1 | | | |
|----------------|--------------|--------------------|--------|
| Parámetros | | Sistema (R,S) | |
| A´ | \$ 60 | DR | 121,10 |
| r | 1% | R | 5,51 |
| v | 18 | σ (R+L) | 5,87 |
| L (meses) | 0,23 | X(R+L) | 126,23 |
| P ₂ | 95% | G _u (k) | 1,03 |
| B ₂ | 30% | k | 0,00 |
| D | 22,00 | S | 126,23 |
| σ_1 | 2,4507 | TRC | 27,74 |

Tabla 6.5 – Sistema (R, S) artículo A1 - Fuente: elaboración propia

El Sistema (R,S) indica que se deben pedir 121 unidades del artículo A1 cada 5 meses y medio (R) para conformar el stock máximo de 126 unidades y así incurrir en un costo mensual relevante de \$27,74.

Dado que el stock al 31/12 de dicho artículo se corresponde con 50 unidades, este sistema determina comprar 76 unidades más para conformar las 126 unidades (S) y luego realizar el siguiente pedido 5 meses y medio después, es decir a mediados de mayo de 2016 aproximadamente.

Se puede apreciar que el costo total relevante de este sistema es un 7,3% mayor que el sistema (s,Q). Este incremento proviene fundamentalmente del aumento de costo en el mantenimiento de inventario al aumentar el inventario de seguridad. Aunque dicho aumento debe compararse con los ahorros potenciales que se pueden obtener al coordinar el control de inventarios de diversos items y obtener economías de escala por tamaño de lote y transporte.

| A2 | | | |
|------------|--------------|---------------|--------|
| Parámetros | | Sistema (s,Q) | |
| A | \$ 100 | EOQ=Q | 191,22 |
| r | 1% | σ_L | 5,15 |
| v | 14 | $G_u(k)$ | 1,86 |
| L (meses) | 1,00 | k | 0,00 |
| P_2 | 95% | s | 25,59 |
| B_2 | 30% | TRC | 32,15 |
| D | 25,59 | x_L | 25,59 |
| σ_1 | 5,1506 | | |

Tabla 6.6 – Sistema (s, Q) artículo A2 - Fuente: elaboración propia

Si se analiza el artículo A2 con el método (s,Q) nos arroja que cuando el nivel de stock efectivo sea de 26 unidades debemos pedir 191 unidades, llegando a un costo relevante de \$32,15 mensuales. El Índice de satisfacción se mantiene, es decir, se logra satisfacer al cliente el 95% de las veces.

Los datos recabados arrojan un stock al 31/12/2015 de 36 unidades, por lo que este sistema indica que se deberían comprar 181 unidades para lograr la cantidad óptima (Q+s).

| A2 | | | |
|------------|--------------|---------------|--------|
| Parámetros | | Sistema (R,S) | |
| A´ | \$ 120 | DR | 209,47 |
| r | 1% | R | 8,18 |
| v | 14 | $\sigma(R+L)$ | 15,61 |
| L (meses) | 1,00 | $X(R+L)$ | 235,06 |
| P_2 | 95% | $G_u(k)$ | 0,67 |
| B_2 | 30% | k | 0,00 |
| D | 25,59 | S | 235,06 |
| σ_1 | 5,1506 | TRC | 34,70 |

Tabla 6.7 – Sistema (R, S) artículo A2 - Fuente: elaboración propia

Para el artículo A2, la cantidad a solicitar cada 8 meses y cinco días es de 209 unidades, para llegar a un stock de 235 unidades (S), que sería lo óptimo de acuerdo a este método de control de inventarios.

El stock al 31/12 del A2, es de 36 unidades por lo que debería ordenar al proveedor 199 unidades más para alcanzar el stock óptimo (S) de 235 unidades.

Para lo cual de acuerdo al costo del producto, sería una inversión de \$1.820,85 (\$9,15 x 199 unid.).

| B1 | | | |
|------------|--------------|---------------|-------|
| Parámetros | | Sistema (s,Q) | |
| A | \$ 50 | EOQ=Q | 46,34 |
| r | 1% | σ_L | 2,72 |
| v | 50 | $G_u(k)$ | 0,85 |
| L (meses) | 0,50 | k | 0,00 |
| P_2 | 95% | s | 5,37 |
| B_2 | 30% | TRC | 31,22 |
| D | 10,74 | X_L | 5,37 |
| σ_1 | 3,8497 | | |

Tabla 6.8 – Sistema (s, Q) artículo B1 - Fuente: elaboración propia

En el caso del artículo B1, cuyo lead time es de medio mes, cuando el stock sea de 5 unidades se debe pedir 46 unidades para conformar el stock óptimo. El costo mensual relevante sería de \$31,22.

A su vez como el stock real al 31/12 arroja 82 unidades, se puede decir que existe un capital ocioso e innecesario de este artículo en particular de \$874,03, resultado de multiplicar 31 unidades (82-(5+46)) por el costo del producto que en este caso es de \$28,19 la unidad.

| B1 | | | |
|------------|--------------|---------------|-------|
| Parámetros | | Sistema (R,S) | |
| A' | \$ 70 | DR | 54,83 |
| r | 1% | R | 5,11 |
| v | 50 | $\sigma(R+L)$ | 9,12 |
| L (meses) | 0,50 | $X(R+L)$ | 60,20 |
| P_2 | 95% | $G_u(k)$ | 0,30 |
| B_2 | 30% | k | 0,21 |
| D | 10,74 | S | 62,11 |
| σ_1 | 3,8497 | TRC | 36,43 |

Tabla 6.9 – Sistema (R, S) artículo B1 - Fuente: elaboración propia

En el caso del artículo B1, el sistema (R,S) arroja un stock óptimo de 62 unidades para satisfacer el 95% de las veces a los clientes. Por lo que se deberían ordenar 55 unidades cada 5 meses aproximadamente. Obteniendo así

un costo total relevante de \$36,43, que se corresponde con un 17% más que el costo obtenido aplicando el sistema (s,Q).

El stock máximo y óptimo para este producto es de 62 unidades, 20 unidades menos que las que se tienen efectivamente al 31/12, según datos arrojados por el negocio en cuestión. Por lo que genera un capital ocioso y conveniente para desinvertir de \$563,89, ya que el precio unitario de costo de este artículo es \$28,19 (20 unid. x \$28,19).

| B2 | | | |
|------------|--------------|---------------|-------|
| Parámetros | | Sistema (s,Q) | |
| A | \$ 40 | EOQ=Q | 86,41 |
| r | 1% | σ_L | 1,74 |
| v | 24 | $G_u(k)$ | 2,48 |
| L (meses) | 0,23 | k | 0,00 |
| P_2 | 95% | s | 5,23 |
| B_2 | 30% | TRC | 28,80 |
| D | 22,40 | x_L | 5,23 |
| σ_1 | 3,6111 | | |

Tabla 6.10 – Sistema (s, Q) artículo B2 - Fuente: elaboración propia

El artículo B2 alcanza el stock óptimo con 92 unidades, que surge de pedir 87 unidades cuando el stock efectivo sea de 5, satisfaciendo así un 95% de veces a los clientes que acuden al negocio. El dato del negocio arroja un nivel de stock sorprendentemente alto para artículos de este tipo, pero indagando al administrador informa que se debe a una promoción a caja cerrada por compra al por mayor.

El stock al 31/12 de B2 es de 253 artículos. Como se puede demostrar existe un capital ocioso, dado que este ítem según el análisis ABC y según este sistema de Inventarios, el stock óptimo está muy por debajo de lo real.

El costo unitario de este producto es de \$17,71, por lo que sería conveniente desinvertir \$2.851,31 ($\$17,71 \cdot (253-92)$). Si bien el número no parece tan significativo, es sólo un artículo de los más de 2000 con los que cuenta el negocio bajo análisis.

| B2 | | | |
|----------------|-------------|--------------------|--------|
| Parámetros | | Sistema (R,S) | |
| A' | \$ 60 | DR | 105,83 |
| r | 1% | R | 4,72 |
| v | 24 | σ (R+L) | 8,04 |
| L (meses) | 0,23 | X(R+L) | 111,06 |
| P ₂ | 95% | G _u (k) | 0,66 |
| B ₂ | 30% | k | 0,00 |
| D | 22,4 | S | 111,06 |
| σ_1 | 3,6111 | TRC | 33,46 |

Tabla 6.11 – Sistema (R, S) artículo B2 - Fuente: elaboración propia

Según el sistema (R,S) se deberían pedir cada cuatro meses y 22 días, 106 unidades del producto B2, para conformar así un stock óptimo de 111 unidades y poder satisfacer el 95% de las veces a los clientes que concurren a la ferretería.

Dado que el stock de B2 al 31/12 es de 253 unidades, se aprecia que es muy superior a lo requerido por este sistema, que trata de optimizar los costos en base a la demanda. Lo que genera un capital ocioso de \$2.514,82, resultado que se genera por multiplicar las 142 unidades de más (253-111) por el costo unitario del producto, dato proporcionado por la ferretería en cuestión, \$17,71.

| C1 | | | |
|----------------|-------------|--------------------|------|
| Parámetros | | Sistema (s,Q) | |
| A | \$ 30 | EOQ=Q | 3,80 |
| r | 1% | σ L | 0,72 |
| v | 93 | G _u (k) | 0,27 |
| L (meses) | 1,00 | k | 0,30 |
| P ₂ | 95% | s | 0,44 |
| B ₂ | 30% | TRC | 4,05 |
| D | 0,22 | X L | 0,22 |
| σ_1 | 0,7155 | | |

Tabla 6.12 – Sistema (s, Q) artículo C1 - Fuente: elaboración propia

Para el caso del artículo C1 el stock óptimo es de 4 unidades, e indica hacer un pedido de 4 unidades cuando el stock este en 0, dado que la demanda es muy esporádica porque representa un artículo obsoleto dado los avances en las instalaciones, que sólo se vende como repuesto específico de conexiones antiguas.

El stock se compone de 20 artículos, que están desde el origen de la ferretería, cuando se compro el mobiliario y algunos productos de una ferretería anterior. Su costo unitario es de \$61,51, lo que resulta un capital ocioso de \$984.16 ($\$61,51 \cdot (20-4)$).

| C1 | | | |
|----------------|-------------|--------------------|-------|
| Parámetros | | Sistema (R,S) | |
| A' | \$ 50 | DR | 4,91 |
| r | 1% | R | 21,90 |
| v | 93 | σ (R+L) | 3,42 |
| L (meses) | 1,00 | X(R+L) | 5,13 |
| P ₂ | 95% | G _u (k) | 0,07 |
| B ₂ | 30% | k | 1,08 |
| D | 0,22 | S | 8,83 |
| σ_1 | 0,7155 | TRC | 8,32 |

Tabla 6.13 – Sistema (R, S) artículo C1 - Fuente: elaboración propia

Con respecto al artículo C1, el sistema (R,S), indica que el stock óptimo es de 9 unidades, siendo lo más conveniente solicitar 5 unidades cada un año y diez meses aproximadamente, logrando de esta forma satisfacer a los clientes un 95% de las veces. El costo total relevante es el doble del sistema (s,Q) (\$8,32 vs \$4,05), dado por le mayor inventario de seguridad que implica instrumetar este sistema.

Al 31/12 se poseen 11 artículos más de este tipo, de lo que pretende o indica este sistema. Pero como se mencionó este artículo es casi obsoleto por lo que sería casi imposible desinvertir.

| C2 | | | |
|------------|-------------|---------------|-------|
| Parámetros | | Sistema (s,Q) | |
| A | \$ 50 | EOQ=Q | 12,31 |
| r | 2% | σ_L | 0,71 |
| v | 66 | $G_u(k)$ | 0,87 |
| L (meses) | 0,50 | k | 0,00 |
| P_2 | 95% | s | 1,00 |
| B_2 | 30% | TRC | 18,23 |
| D | 2,00 | X_L | 1 |
| σ_1 | 1,0005 | | |

Tabla 6.14 – Sistema (s, Q) artículo C2 - Fuente: elaboración propia

El sistema (s,Q) para el artículo C2 determina que cuando el stock es de 1 unidad se deben pedir 12 unidades más, conformando el stock óptimo de 13 unidades. El costo total relevante mensual es de \$18,23 para este artículo en particular.

El Stock al 31/12/2015 arroja 5 unidades, por lo que habría que adquirir 8 unidades más para alcanzar el stock óptimo según este sistema.

| C2 | | | |
|------------|-------------|---------------|-------|
| Parámetros | | Sistema (R,S) | |
| A' | \$ 70 | DR | 14,57 |
| r | 2% | R | 7,28 |
| v | 66 | $\sigma(R+L)$ | 2,79 |
| L (meses) | 0,50 | $X(R+L)$ | 15,57 |
| P_2 | 95% | $G_u(k)$ | 0,26 |
| B_2 | 30% | k | 0,31 |
| D | 2,00 | S | 16,43 |
| σ_1 | 1,0005 | TRC | 22,35 |

Tabla 6.15 – Sistema (R, S) artículo C2 - Fuente: elaboración propia

El sistema (R, S) nos determina ordenar 15 (DR) unidades cada 7 meses y 10 días aproximadamente, así conformar el stock óptimo de 16 unidades (S), con un costo relevante de \$22,35 mensuales(TRC).

Al 31/12 se poseen 5 artículos de este tipo, por lo que se debería comprar 11 artículos más y poder conseguir el stock óptimo, siendo la próxima compra el 10 de julio de 2016.

CONCLUSIONES FINALES

En el desarrollo del presente trabajo se han obtenido las siguientes Conclusiones:

- Se cumplió la teoría de Pareto, en donde menos del 20% de los productos generan más del 80% de las ventas.
- Luego del análisis ABC, se encontraron muchos artículos de la categoría C que no solo generan un capital ocioso, sino que ocupan gran parte de la capacidad de almacenamiento.
- La aplicación de los Sistemas de control de Inventarios (s, Q) y (R, S), determinó una ineficiente política de manejo de stock, por lo que el presente trabajo contribuye a mejorar el desarrollo y la salud financiera del negocio.
- Ambos sistemas de control de Inventarios determinaron faltante de Stock para los artículos analizados Clase A, según el análisis ABC. No así para tres, de cuatro, de los artículos analizados Clase B y C, donde el stock es innecesario para ambos Sistemas de control. Por lo que se determina un faltante de stock de los artículos que mayor participación en las ventas tienen.
- Existen artículos que generan un capital ocioso, ya que se posee más stock del necesario, como el caso de los artículos B1, B2 y C2. Es conveniente desinvertir en dichos artículos, para disminuir el capital de trabajo o para aplicarlos en otra necesidad. En este caso en particular, la desinversión es de un monto aproximado de \$4.400,00, según Sistema (s, Q). Si bien el monto no parece demasiado relevante, es el resultado de analizar solo tres ítems de los 1.967, que componen los de Clase B más la Clase C, según análisis ABC. El capital ocioso total para un negocio de esta envergadura puede ser muy significativo.

- Es importante diversificar el stock de los productos de mayor rotación, liberando espacio y recursos de aquellos productos que dada la demanda específica de la ubicación del negocio o la obsolescencia de los mismos se han dejado de emplear.
- Se debe poseer stocks mínimos altos, de los productos que mayores márgenes generan, que permitan satisfacer la demanda superando las contingencias que se pudieren ocasionar.
- Dada la variedad de productos del rubro, es necesario conocer bien la demanda específica para satisfacer a los clientes y no generar capital ocioso.
- En base a los sistemas aplicados, se propone seleccionar y aplicar alguno de ellos a todos los artículos del stock de la Ferretería, para conformar el stock óptimo, invirtiendo y desinvirtiendo en cada artículo en particular según sea la necesidad. De esta forma, aumentará el rendimiento sobre la inversión y se podrá evitar todo tipo de faltante de stock, asegurando la satisfacción del cliente.
- Si bien no ha sido objeto de este trabajo la aplicación de las Estrategias de las 5'S, se puede determinar la importancia de la ubicación de los productos de mayor rotación en lugares próximos al mostrador, para permitir una mejor atención y facilitar a su vez la tarea del vendedor en el día a día. Estas estrategias a su vez hacen hincapié en la limpieza y en el orden, decisiones que debería determinarse a diario con los Items de clases C, según análisis ABC, ya que ocupan gran parte del depósito, obtaculizando el desarrollo normal de la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Cerda, P. J. *Manual del las 5´S para las Industrias*.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. (A. S. Fernández Molina, & V. P. Carril, Trads.) México: Pearson Educación.
- Facultad de Ciencias Economicas, S. L. (s.f.). *Economicas*. Obtenido de <http://www.economicas.unsa.edu.ar/orgadmin/almacell.htm>
- Render, J. H. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. Prentice Hall.
- Sanchez, A. N. (2006). *Logística de Almacenamiento*. Caracas.
- Schroeder, R. (1992). *Administración de operaciones*. México: Mc. Graw Hill.
- Vidal Holguín, C. J. (2005). *Fundamentos de Gestión de Inventarios*. Santiago de Cali: Artes Gráficas de la Facultad de Ingeniería – Universidad del Valle.
- Avellaneda, L. M. (2014). *Optimización de Iventarios - Trabajo Final - MBA*. Córdoba.

ANEXOS

Valores de las funciones desarrolladas en este trabajo para k que va de 0 a 3,99.

| k | f u (k) | p u (k) | G u (k) | k |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------|
| 0,00 | 0,398942 | 0,500000 | 0,398942 | 0,00 |
| 0,01 | 0,398922 | 0,496011 | 0,393962 | 0,01 |
| 0,02 | 0,398862 | 0,492022 | 0,389022 | 0,02 |
| 0,03 | 0,398763 | 0,488033 | 0,384122 | 0,03 |
| 0,04 | 0,398623 | 0,484047 | 0,379261 | 0,04 |
| 0,05 | 0,398444 | 0,480061 | 0,374441 | 0,05 |
| 0,06 | 0,398225 | 0,476078 | 0,369660 | 0,06 |
| 0,07 | 0,397966 | 0,472097 | 0,364919 | 0,07 |
| 0,08 | 0,397668 | 0,468119 | 0,360218 | 0,08 |
| 0,09 | 0,397330 | 0,464144 | 0,355557 | 0,09 |
| 0,10 | 0,396953 | 0,460172 | 0,350935 | 0,10 |
| 0,11 | 0,396536 | 0,456205 | 0,346353 | 0,11 |
| 0,12 | 0,396080 | 0,452242 | 0,341811 | 0,12 |
| 0,13 | 0,395585 | 0,448283 | 0,337309 | 0,13 |
| 0,14 | 0,395052 | 0,444330 | 0,332846 | 0,14 |
| 0,15 | 0,394479 | 0,440382 | 0,328422 | 0,15 |
| 0,16 | 0,393868 | 0,436441 | 0,324038 | 0,16 |
| 0,17 | 0,393219 | 0,432505 | 0,319693 | 0,17 |
| 0,18 | 0,392531 | 0,428576 | 0,315388 | 0,18 |
| 0,19 | 0,391806 | 0,424655 | 0,311122 | 0,19 |
| 0,20 | 0,391043 | 0,420740 | 0,306895 | 0,20 |
| 0,21 | 0,390242 | 0,416834 | 0,302707 | 0,21 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 0,22 | 0,389404 | 0,412936 | 0,298558 | 0,22 |
| 0,23 | 0,388529 | 0,409046 | 0,294448 | 0,23 |
| 0,24 | 0,387617 | 0,405165 | 0,290377 | 0,24 |
| 0,25 | 0,386668 | 0,401294 | 0,286345 | 0,25 |
| 0,26 | 0,385683 | 0,397432 | 0,282351 | 0,26 |
| 0,27 | 0,384663 | 0,393580 | 0,278396 | 0,27 |
| 0,28 | 0,383606 | 0,389739 | 0,274479 | 0,28 |
| 0,29 | 0,382515 | 0,385908 | 0,270601 | 0,29 |
| 0,30 | 0,381388 | 0,382089 | 0,266761 | 0,30 |
| 0,31 | 0,380226 | 0,378281 | 0,262959 | 0,31 |
| 0,32 | 0,379031 | 0,374484 | 0,259196 | 0,32 |
| 0,33 | 0,377801 | 0,370700 | 0,255470 | 0,33 |
| 0,34 | 0,376537 | 0,366928 | 0,251782 | 0,34 |
| 0,35 | 0,375240 | 0,363169 | 0,248131 | 0,35 |
| 0,36 | 0,373911 | 0,359424 | 0,244518 | 0,36 |
| 0,37 | 0,372548 | 0,355691 | 0,240943 | 0,37 |
| 0,38 | 0,371154 | 0,351973 | 0,237404 | 0,38 |
| 0,39 | 0,369728 | 0,348268 | 0,233903 | 0,39 |
| 0,40 | 0,368270 | 0,344578 | 0,230439 | 0,40 |
| 0,41 | 0,366782 | 0,340903 | 0,227011 | 0,41 |
| 0,42 | 0,365263 | 0,337243 | 0,223621 | 0,42 |
| 0,43 | 0,363714 | 0,333598 | 0,220267 | 0,43 |
| 0,44 | 0,362135 | 0,329969 | 0,216949 | 0,44 |
| 0,45 | 0,360527 | 0,326355 | 0,213667 | 0,45 |
| 0,46 | 0,358890 | 0,322758 | 0,210422 | 0,46 |
| 0,47 | 0,357225 | 0,319178 | 0,207212 | 0,47 |
| 0,48 | 0,355533 | 0,315614 | 0,204038 | 0,48 |
| 0,49 | 0,353812 | 0,312067 | 0,200900 | 0,49 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 0,50 | 0,352065 | 0,308538 | 0,197797 | 0,50 |
| 0,51 | 0,350292 | 0,305026 | 0,194729 | 0,51 |
| 0,52 | 0,348493 | 0,301532 | 0,191696 | 0,52 |
| 0,53 | 0,346668 | 0,298056 | 0,188698 | 0,53 |
| 0,54 | 0,344818 | 0,294598 | 0,185735 | 0,54 |
| 0,55 | 0,342944 | 0,291160 | 0,182806 | 0,55 |
| 0,56 | 0,341046 | 0,287740 | 0,179912 | 0,56 |
| 0,57 | 0,339124 | 0,284339 | 0,177051 | 0,57 |
| 0,58 | 0,337180 | 0,280957 | 0,174225 | 0,58 |
| 0,59 | 0,335213 | 0,277595 | 0,171432 | 0,59 |
| 0,60 | 0,333225 | 0,274253 | 0,168673 | 0,60 |
| 0,61 | 0,331215 | 0,270931 | 0,165947 | 0,61 |
| 0,62 | 0,329184 | 0,267629 | 0,163254 | 0,62 |
| 0,63 | 0,327133 | 0,264347 | 0,160594 | 0,63 |
| 0,64 | 0,325062 | 0,261086 | 0,157967 | 0,64 |
| 0,65 | 0,322972 | 0,257846 | 0,155372 | 0,65 |
| 0,66 | 0,320864 | 0,254627 | 0,152810 | 0,66 |
| 0,67 | 0,318737 | 0,251429 | 0,150280 | 0,67 |
| 0,68 | 0,316593 | 0,248252 | 0,147781 | 0,68 |
| 0,69 | 0,314432 | 0,245097 | 0,145315 | 0,69 |
| 0,70 | 0,312254 | 0,241964 | 0,142879 | 0,70 |
| 0,71 | 0,310060 | 0,238852 | 0,140475 | 0,71 |
| 0,72 | 0,307851 | 0,235762 | 0,138102 | 0,72 |
| 0,73 | 0,305627 | 0,232695 | 0,135760 | 0,73 |
| 0,74 | 0,303389 | 0,229650 | 0,133448 | 0,74 |
| 0,75 | 0,301137 | 0,226627 | 0,131167 | 0,75 |
| 0,76 | 0,298872 | 0,223627 | 0,128916 | 0,76 |
| 0,77 | 0,296595 | 0,220650 | 0,126694 | 0,77 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 0,78 | 0,294305 | 0,217695 | 0,124503 | 0,78 |
| 0,79 | 0,292004 | 0,214764 | 0,122340 | 0,79 |
| 0,80 | 0,289692 | 0,211855 | 0,120207 | 0,80 |
| 0,81 | 0,287369 | 0,208970 | 0,118103 | 0,81 |
| 0,82 | 0,285036 | 0,206108 | 0,116028 | 0,82 |
| 0,83 | 0,282694 | 0,203269 | 0,113981 | 0,83 |
| 0,84 | 0,280344 | 0,200454 | 0,111962 | 0,84 |
| 0,85 | 0,277985 | 0,197662 | 0,109972 | 0,85 |
| 0,86 | 0,275618 | 0,194894 | 0,108009 | 0,86 |
| 0,87 | 0,273244 | 0,192150 | 0,106074 | 0,87 |
| 0,88 | 0,270864 | 0,189430 | 0,104166 | 0,88 |
| 0,89 | 0,268477 | 0,186733 | 0,102285 | 0,89 |
| 0,90 | 0,266085 | 0,184060 | 0,100431 | 0,90 |
| 0,91 | 0,263688 | 0,181411 | 0,098604 | 0,91 |
| 0,92 | 0,261286 | 0,178786 | 0,096803 | 0,92 |
| 0,93 | 0,258881 | 0,176186 | 0,095028 | 0,93 |
| 0,94 | 0,256471 | 0,173609 | 0,093279 | 0,94 |
| 0,95 | 0,254059 | 0,171056 | 0,091556 | 0,95 |
| 0,96 | 0,251644 | 0,168528 | 0,089858 | 0,96 |
| 0,97 | 0,249228 | 0,166023 | 0,088185 | 0,97 |
| 0,98 | 0,246809 | 0,163543 | 0,086537 | 0,98 |
| 0,99 | 0,244390 | 0,161087 | 0,084914 | 0,99 |
| 1,00 | 0,241971 | 0,158655 | 0,083315 | 1,00 |
| 1,01 | 0,239551 | 0,156248 | 0,081741 | 1,01 |
| 1,02 | 0,237132 | 0,153864 | 0,080190 | 1,02 |
| 1,03 | 0,234714 | 0,151505 | 0,078664 | 1,03 |
| 1,04 | 0,232297 | 0,149170 | 0,077160 | 1,04 |
| 1,05 | 0,229882 | 0,146859 | 0,075680 | 1,05 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 1,06 | 0,227470 | 0,144572 | 0,074223 | 1,06 |
| 1,07 | 0,225060 | 0,142310 | 0,072789 | 1,07 |
| 1,08 | 0,222653 | 0,140071 | 0,071377 | 1,08 |
| 1,09 | 0,220251 | 0,137857 | 0,069987 | 1,09 |
| 1,10 | 0,217852 | 0,135666 | 0,068619 | 1,10 |
| 1,11 | 0,215458 | 0,133500 | 0,067274 | 1,11 |
| 1,12 | 0,213069 | 0,131357 | 0,065949 | 1,12 |
| 1,13 | 0,210686 | 0,129238 | 0,064646 | 1,13 |
| 1,14 | 0,208308 | 0,127143 | 0,063365 | 1,14 |
| 1,15 | 0,205936 | 0,125072 | 0,062103 | 1,15 |
| 1,16 | 0,203571 | 0,123024 | 0,060863 | 1,16 |
| 1,17 | 0,201214 | 0,121001 | 0,059643 | 1,17 |
| 1,18 | 0,198863 | 0,119000 | 0,058443 | 1,18 |
| 1,19 | 0,196520 | 0,117023 | 0,057263 | 1,19 |
| 1,20 | 0,194186 | 0,115070 | 0,056102 | 1,20 |
| 1,21 | 0,191860 | 0,113140 | 0,054961 | 1,21 |
| 1,22 | 0,189543 | 0,111233 | 0,053840 | 1,22 |
| 1,23 | 0,187235 | 0,109349 | 0,052737 | 1,23 |
| 1,24 | 0,184937 | 0,107488 | 0,051652 | 1,24 |
| 1,25 | 0,182649 | 0,105650 | 0,050587 | 1,25 |
| 1,26 | 0,180371 | 0,103835 | 0,049539 | 1,26 |
| 1,27 | 0,178104 | 0,102042 | 0,048510 | 1,27 |
| 1,28 | 0,175847 | 0,100273 | 0,047498 | 1,28 |
| 1,29 | 0,173602 | 0,098525 | 0,046504 | 1,29 |
| 1,30 | 0,171369 | 0,096801 | 0,045528 | 1,30 |
| 1,31 | 0,169147 | 0,095098 | 0,044568 | 1,31 |
| 1,32 | 0,166937 | 0,093418 | 0,043626 | 1,32 |
| 1,33 | 0,164740 | 0,091759 | 0,042700 | 1,33 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 1,34 | 0,162555 | 0,090123 | 0,041791 | 1,34 |
| 1,35 | 0,160383 | 0,088508 | 0,040897 | 1,35 |
| 1,36 | 0,158225 | 0,086915 | 0,040020 | 1,36 |
| 1,37 | 0,156080 | 0,085344 | 0,039159 | 1,37 |
| 1,38 | 0,153948 | 0,083793 | 0,038313 | 1,38 |
| 1,39 | 0,151831 | 0,082264 | 0,037483 | 1,39 |
| 1,40 | 0,149727 | 0,080757 | 0,036668 | 1,40 |
| 1,41 | 0,147639 | 0,079270 | 0,035868 | 1,41 |
| 1,42 | 0,145564 | 0,077804 | 0,035083 | 1,42 |
| 1,43 | 0,143505 | 0,076359 | 0,034312 | 1,43 |
| 1,44 | 0,141460 | 0,074934 | 0,033555 | 1,44 |
| 1,45 | 0,139431 | 0,073529 | 0,032813 | 1,45 |
| 1,46 | 0,137417 | 0,072145 | 0,032085 | 1,46 |
| 1,47 | 0,135418 | 0,070781 | 0,031370 | 1,47 |
| 1,48 | 0,133435 | 0,069437 | 0,030669 | 1,48 |
| 1,49 | 0,131468 | 0,068112 | 0,029981 | 1,49 |
| 1,50 | 0,129518 | 0,066807 | 0,029307 | 1,50 |
| 1,51 | 0,127583 | 0,065522 | 0,028645 | 1,51 |
| 1,52 | 0,125665 | 0,064256 | 0,027996 | 1,52 |
| 1,53 | 0,123763 | 0,063008 | 0,027360 | 1,53 |
| 1,54 | 0,121878 | 0,061780 | 0,026736 | 1,54 |
| 1,55 | 0,120009 | 0,060571 | 0,026124 | 1,55 |
| 1,56 | 0,118157 | 0,059380 | 0,025525 | 1,56 |
| 1,57 | 0,116323 | 0,058208 | 0,024937 | 1,57 |
| 1,58 | 0,114505 | 0,057053 | 0,024360 | 1,58 |
| 1,59 | 0,112704 | 0,055917 | 0,023796 | 1,59 |
| 1,60 | 0,110921 | 0,054799 | 0,023242 | 1,60 |
| 1,61 | 0,109155 | 0,053699 | 0,022700 | 1,61 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 1,62 | 0,107406 | 0,052616 | 0,022168 | 1,62 |
| 1,63 | 0,105675 | 0,051551 | 0,021647 | 1,63 |
| 1,64 | 0,103961 | 0,050503 | 0,021137 | 1,64 |
| 1,65 | 0,102265 | 0,049471 | 0,020637 | 1,65 |
| 1,66 | 0,100586 | 0,048457 | 0,020147 | 1,66 |
| 1,67 | 0,098925 | 0,047460 | 0,019668 | 1,67 |
| 1,68 | 0,097282 | 0,046479 | 0,019198 | 1,68 |
| 1,69 | 0,095657 | 0,045514 | 0,018738 | 1,69 |
| 1,70 | 0,094049 | 0,044565 | 0,018288 | 1,70 |
| 1,71 | 0,092459 | 0,043633 | 0,017847 | 1,71 |
| 1,72 | 0,090887 | 0,042716 | 0,017415 | 1,72 |
| 1,73 | 0,089333 | 0,041815 | 0,016993 | 1,73 |
| 1,74 | 0,087796 | 0,040929 | 0,016579 | 1,74 |
| 1,75 | 0,086277 | 0,040059 | 0,016174 | 1,75 |
| 1,76 | 0,084776 | 0,039204 | 0,015778 | 1,76 |
| 1,77 | 0,083293 | 0,038364 | 0,015390 | 1,77 |
| 1,78 | 0,081828 | 0,037538 | 0,015010 | 1,78 |
| 1,79 | 0,080380 | 0,036727 | 0,014639 | 1,79 |
| 1,80 | 0,078950 | 0,035930 | 0,014276 | 1,80 |
| 1,81 | 0,077538 | 0,035148 | 0,013920 | 1,81 |
| 1,82 | 0,076143 | 0,034379 | 0,013573 | 1,82 |
| 1,83 | 0,074766 | 0,033625 | 0,013233 | 1,83 |
| 1,84 | 0,073407 | 0,032884 | 0,012900 | 1,84 |
| 1,85 | 0,072065 | 0,032157 | 0,012575 | 1,85 |
| 1,86 | 0,070740 | 0,031443 | 0,012257 | 1,86 |
| 1,87 | 0,069433 | 0,030742 | 0,011946 | 1,87 |
| 1,88 | 0,068144 | 0,030054 | 0,011642 | 1,88 |
| 1,89 | 0,066871 | 0,029379 | 0,011345 | 1,89 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 1,90 | 0,065616 | 0,028716 | 0,011054 | 1,90 |
| 1,91 | 0,064378 | 0,028067 | 0,010771 | 1,91 |
| 1,92 | 0,063157 | 0,027429 | 0,010493 | 1,92 |
| 1,93 | 0,061952 | 0,026803 | 0,010222 | 1,93 |
| 1,94 | 0,060765 | 0,026190 | 0,009957 | 1,94 |
| 1,95 | 0,059595 | 0,025588 | 0,009698 | 1,95 |
| 1,96 | 0,058441 | 0,024998 | 0,009445 | 1,96 |
| 1,97 | 0,057304 | 0,024419 | 0,009198 | 1,97 |
| 1,98 | 0,056183 | 0,023852 | 0,008957 | 1,98 |
| 1,99 | 0,055079 | 0,023295 | 0,008721 | 1,99 |
| 2,00 | 0,053991 | 0,022750 | 0,008491 | 2,00 |
| 2,01 | 0,052919 | 0,022216 | 0,008266 | 2,01 |
| 2,02 | 0,051864 | 0,021692 | 0,008046 | 2,02 |
| 2,03 | 0,050824 | 0,021178 | 0,007832 | 2,03 |
| 2,04 | 0,049800 | 0,020675 | 0,007623 | 2,04 |
| 2,05 | 0,048792 | 0,020182 | 0,007419 | 2,05 |
| 2,06 | 0,047800 | 0,019699 | 0,007219 | 2,06 |
| 2,07 | 0,046823 | 0,019226 | 0,007025 | 2,07 |
| 2,08 | 0,045861 | 0,018763 | 0,006835 | 2,08 |
| 2,09 | 0,044915 | 0,018309 | 0,006649 | 2,09 |
| 2,10 | 0,043984 | 0,017864 | 0,006468 | 2,10 |
| 2,11 | 0,043067 | 0,017429 | 0,006292 | 2,11 |
| 2,12 | 0,042166 | 0,017003 | 0,006120 | 2,12 |
| 2,13 | 0,041280 | 0,016586 | 0,005952 | 2,13 |
| 2,14 | 0,040408 | 0,016177 | 0,005788 | 2,14 |
| 2,15 | 0,039550 | 0,015778 | 0,005628 | 2,15 |
| 2,16 | 0,038707 | 0,015386 | 0,005472 | 2,16 |
| 2,17 | 0,037878 | 0,015003 | 0,005321 | 2,17 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 2,18 | 0,037063 | 0,014629 | 0,005172 | 2,18 |
| 2,19 | 0,036262 | 0,014262 | 0,005028 | 2,19 |
| 2,20 | 0,035475 | 0,013903 | 0,004887 | 2,20 |
| 2,21 | 0,034701 | 0,013553 | 0,004750 | 2,21 |
| 2,22 | 0,033941 | 0,013209 | 0,004616 | 2,22 |
| 2,23 | 0,033194 | 0,012874 | 0,004486 | 2,23 |
| 2,24 | 0,032460 | 0,012545 | 0,004359 | 2,24 |
| 2,25 | 0,031740 | 0,012224 | 0,004235 | 2,25 |
| 2,26 | 0,031032 | 0,011911 | 0,004114 | 2,26 |
| 2,27 | 0,030337 | 0,011604 | 0,003996 | 2,27 |
| 2,28 | 0,029655 | 0,011304 | 0,003882 | 2,28 |
| 2,29 | 0,028985 | 0,011011 | 0,003770 | 2,29 |
| 2,30 | 0,028327 | 0,010724 | 0,003662 | 2,30 |
| 2,31 | 0,027682 | 0,010444 | 0,003556 | 2,31 |
| 2,32 | 0,027048 | 0,010170 | 0,003453 | 2,32 |
| 2,33 | 0,026426 | 0,009903 | 0,003352 | 2,33 |
| 2,34 | 0,025817 | 0,009642 | 0,003255 | 2,34 |
| 2,35 | 0,025218 | 0,009387 | 0,003160 | 2,35 |
| 2,36 | 0,024631 | 0,009137 | 0,003067 | 2,36 |
| 2,37 | 0,024056 | 0,008894 | 0,002977 | 2,37 |
| 2,38 | 0,023491 | 0,008656 | 0,002889 | 2,38 |
| 2,39 | 0,022937 | 0,008424 | 0,002804 | 2,39 |
| 2,40 | 0,022395 | 0,008198 | 0,002720 | 2,40 |
| 2,41 | 0,021862 | 0,007976 | 0,002640 | 2,41 |
| 2,42 | 0,021341 | 0,007760 | 0,002561 | 2,42 |
| 2,43 | 0,020829 | 0,007549 | 0,002484 | 2,43 |
| 2,44 | 0,020328 | 0,007344 | 0,002410 | 2,44 |
| 2,45 | 0,019837 | 0,007143 | 0,002337 | 2,45 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 2,46 | 0,019356 | 0,006947 | 0,002267 | 2,46 |
| 2,47 | 0,018885 | 0,006756 | 0,002198 | 2,47 |
| 2,48 | 0,018423 | 0,006569 | 0,002132 | 2,48 |
| 2,49 | 0,017971 | 0,006387 | 0,002067 | 2,49 |
| 2,50 | 0,017528 | 0,006210 | 0,002004 | 2,50 |
| 2,51 | 0,017095 | 0,006037 | 0,001943 | 2,51 |
| 2,52 | 0,016670 | 0,005868 | 0,001883 | 2,52 |
| 2,53 | 0,016254 | 0,005703 | 0,001825 | 2,53 |
| 2,54 | 0,015848 | 0,005543 | 0,001769 | 2,54 |
| 2,55 | 0,015449 | 0,005386 | 0,001715 | 2,55 |
| 2,56 | 0,015060 | 0,005234 | 0,001662 | 2,56 |
| 2,57 | 0,014678 | 0,005085 | 0,001610 | 2,57 |
| 2,58 | 0,014305 | 0,004940 | 0,001560 | 2,58 |
| 2,59 | 0,013940 | 0,004799 | 0,001511 | 2,59 |
| 2,60 | 0,013583 | 0,004661 | 0,001464 | 2,60 |
| 2,61 | 0,013234 | 0,004527 | 0,001418 | 2,61 |
| 2,62 | 0,012892 | 0,004397 | 0,001373 | 2,62 |
| 2,63 | 0,012558 | 0,004269 | 0,001330 | 2,63 |
| 2,64 | 0,012232 | 0,004145 | 0,001288 | 2,64 |
| 2,65 | 0,011912 | 0,004025 | 0,001247 | 2,65 |
| 2,66 | 0,011600 | 0,003907 | 0,001207 | 2,66 |
| 2,67 | 0,011295 | 0,003793 | 0,001169 | 2,67 |
| 2,68 | 0,010997 | 0,003681 | 0,001131 | 2,68 |
| 2,69 | 0,010706 | 0,003573 | 0,001095 | 2,69 |
| 2,70 | 0,010421 | 0,003467 | 0,001060 | 2,70 |
| 2,71 | 0,010143 | 0,003364 | 0,001026 | 2,71 |
| 2,72 | 0,009871 | 0,003264 | 0,000993 | 2,72 |
| 2,73 | 0,009606 | 0,003167 | 0,000961 | 2,73 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 2,74 | 0,009347 | 0,003072 | 0,000929 | 2,74 |
| 2,75 | 0,009094 | 0,002980 | 0,000899 | 2,75 |
| 2,76 | 0,008846 | 0,002890 | 0,000870 | 2,76 |
| 2,77 | 0,008605 | 0,002803 | 0,000841 | 2,77 |
| 2,78 | 0,008370 | 0,002718 | 0,000814 | 2,78 |
| 2,79 | 0,008140 | 0,002635 | 0,000787 | 2,79 |
| 2,80 | 0,007915 | 0,002555 | 0,000761 | 2,80 |
| 2,81 | 0,007697 | 0,002477 | 0,000736 | 2,81 |
| 2,82 | 0,007483 | 0,002401 | 0,000711 | 2,82 |
| 2,83 | 0,007274 | 0,002327 | 0,000688 | 2,83 |
| 2,84 | 0,007071 | 0,002256 | 0,000665 | 2,84 |
| 2,85 | 0,006873 | 0,002186 | 0,000643 | 2,85 |
| 2,86 | 0,006679 | 0,002118 | 0,000621 | 2,86 |
| 2,87 | 0,006491 | 0,002052 | 0,000600 | 2,87 |
| 2,88 | 0,006307 | 0,001988 | 0,000580 | 2,88 |
| 2,89 | 0,006127 | 0,001926 | 0,000560 | 2,89 |
| 2,90 | 0,005953 | 0,001866 | 0,000541 | 2,90 |
| 2,91 | 0,005782 | 0,001807 | 0,000523 | 2,91 |
| 2,92 | 0,005616 | 0,001750 | 0,000505 | 2,92 |
| 2,93 | 0,005454 | 0,001695 | 0,000488 | 2,93 |
| 2,94 | 0,005296 | 0,001641 | 0,000471 | 2,94 |
| 2,95 | 0,005143 | 0,001589 | 0,000455 | 2,95 |
| 2,96 | 0,004993 | 0,001538 | 0,000440 | 2,96 |
| 2,97 | 0,004847 | 0,001489 | 0,000425 | 2,97 |
| 2,98 | 0,004705 | 0,001441 | 0,000410 | 2,98 |
| 2,99 | 0,004567 | 0,001395 | 0,000396 | 2,99 |
| 3,00 | 0,004432 | 0,001350 | 0,000382 | 3,00 |
| 3,01 | 0,004301 | 0,001306 | 0,000369 | 3,01 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 3,02 | 0,004173 | 0,001264 | 0,000356 | 3,02 |
| 3,03 | 0,004049 | 0,001223 | 0,000343 | 3,03 |
| 3,04 | 0,003928 | 0,001183 | 0,000331 | 3,04 |
| 3,05 | 0,003810 | 0,001144 | 0,000320 | 3,05 |
| 3,06 | 0,003695 | 0,001107 | 0,000308 | 3,06 |
| 3,07 | 0,003584 | 0,001070 | 0,000298 | 3,07 |
| 3,08 | 0,003475 | 0,001035 | 0,000287 | 3,08 |
| 3,09 | 0,003370 | 0,001001 | 0,000277 | 3,09 |
| 3,10 | 0,003267 | 0,000968 | 0,000267 | 3,10 |
| 3,11 | 0,003167 | 0,000936 | 0,000258 | 3,11 |
| 3,12 | 0,003070 | 0,000904 | 0,000248 | 3,12 |
| 3,13 | 0,002975 | 0,000874 | 0,000239 | 3,13 |
| 3,14 | 0,002884 | 0,000845 | 0,000231 | 3,14 |
| 3,15 | 0,002794 | 0,000816 | 0,000223 | 3,15 |
| 3,16 | 0,002707 | 0,000789 | 0,000215 | 3,16 |
| 3,17 | 0,002623 | 0,000762 | 0,000207 | 3,17 |
| 3,18 | 0,002541 | 0,000736 | 0,000199 | 3,18 |
| 3,19 | 0,002461 | 0,000711 | 0,000192 | 3,19 |
| 3,20 | 0,002384 | 0,000687 | 0,000185 | 3,20 |
| 3,21 | 0,002309 | 0,000664 | 0,000178 | 3,21 |
| 3,22 | 0,002236 | 0,000641 | 0,000172 | 3,22 |
| 3,23 | 0,002165 | 0,000619 | 0,000165 | 3,23 |
| 3,24 | 0,002096 | 0,000598 | 0,000159 | 3,24 |
| 3,25 | 0,002029 | 0,000577 | 0,000154 | 3,25 |
| 3,26 | 0,001964 | 0,000557 | 0,000148 | 3,26 |
| 3,27 | 0,001901 | 0,000538 | 0,000142 | 3,27 |
| 3,28 | 0,001840 | 0,000519 | 0,000137 | 3,28 |
| 3,29 | 0,001780 | 0,000501 | 0,000132 | 3,29 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 3,30 | 0,001723 | 0,000483 | 0,000127 | 3,30 |
| 3,31 | 0,001667 | 0,000467 | 0,000122 | 3,31 |
| 3,32 | 0,001612 | 0,000450 | 0,000118 | 3,32 |
| 3,33 | 0,001560 | 0,000434 | 0,000113 | 3,33 |
| 3,34 | 0,001508 | 0,000419 | 0,000109 | 3,34 |
| 3,35 | 0,001459 | 0,000404 | 0,000105 | 3,35 |
| 3,36 | 0,001411 | 0,000390 | 0,000101 | 3,36 |
| 3,37 | 0,001364 | 0,000376 | 0,000097 | 3,37 |
| 3,38 | 0,001319 | 0,000362 | 0,000093 | 3,38 |
| 3,39 | 0,001275 | 0,000350 | 0,000090 | 3,39 |
| 3,40 | 0,001232 | 0,000337 | 0,000086 | 3,40 |
| 3,41 | 0,001191 | 0,000325 | 0,000083 | 3,41 |
| 3,42 | 0,001151 | 0,000313 | 0,000080 | 3,42 |
| 3,43 | 0,001112 | 0,000302 | 0,000077 | 3,43 |
| 3,44 | 0,001075 | 0,000291 | 0,000074 | 3,44 |
| 3,45 | 0,001038 | 0,000280 | 0,000071 | 3,45 |
| 3,46 | 0,001003 | 0,000270 | 0,000068 | 3,46 |
| 3,47 | 0,000969 | 0,000260 | 0,000066 | 3,47 |
| 3,48 | 0,000936 | 0,000251 | 0,000063 | 3,48 |
| 3,49 | 0,000904 | 0,000242 | 0,000061 | 3,49 |
| 3,50 | 0,000873 | 0,000233 | 0,000058 | 3,50 |
| 3,51 | 0,000843 | 0,000224 | 0,000056 | 3,51 |
| 3,52 | 0,000814 | 0,000216 | 0,000054 | 3,52 |
| 3,53 | 0,000785 | 0,000208 | 0,000052 | 3,53 |
| 3,54 | 0,000758 | 0,000200 | 0,000050 | 3,54 |
| 3,55 | 0,000732 | 0,000193 | 0,000048 | 3,55 |
| 3,56 | 0,000706 | 0,000185 | 0,000046 | 3,56 |
| 3,57 | 0,000681 | 0,000179 | 0,000044 | 3,57 |

| | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|
| 3,58 | 0,000657 | 0,000172 | 0,000042 | 3,58 |
| 3,59 | 0,000634 | 0,000165 | 0,000041 | 3,59 |
| 3,60 | 0,000612 | 0,000159 | 0,000039 | 3,60 |
| 3,61 | 0,000590 | 0,000153 | 0,000037 | 3,61 |
| 3,62 | 0,000569 | 0,000147 | 0,000036 | 3,62 |
| 3,63 | 0,000549 | 0,000142 | 0,000034 | 3,63 |
| 3,64 | 0,000529 | 0,000136 | 0,000033 | 3,64 |
| 3,65 | 0,000510 | 0,000131 | 0,000032 | 3,65 |
| 3,66 | 0,000492 | 0,000126 | 0,000030 | 3,66 |
| 3,67 | 0,000474 | 0,000121 | 0,000029 | 3,67 |
| 3,68 | 0,000457 | 0,000117 | 0,000028 | 3,68 |
| 3,69 | 0,000441 | 0,000112 | 0,000027 | 3,69 |
| 3,70 | 0,000425 | 0,000108 | 0,000026 | 3,70 |
| 3,71 | 0,000409 | 0,000104 | 0,000025 | 3,71 |
| 3,72 | 0,000394 | 0,000100 | 0,000024 | 3,72 |
| 3,73 | 0,000380 | 0,000096 | 0,000023 | 3,73 |
| 3,74 | 0,000366 | 0,000092 | 0,000022 | 3,74 |
| 3,75 | 0,000353 | 0,000088 | 0,000021 | 3,75 |
| 3,76 | 0,000340 | 0,000085 | 0,000020 | 3,76 |
| 3,77 | 0,000327 | 0,000082 | 0,000019 | 3,77 |
| 3,78 | 0,000315 | 0,000078 | 0,000018 | 3,78 |
| 3,79 | 0,000303 | 0,000075 | 0,000018 | 3,79 |
| 3,80 | 0,000292 | 0,000072 | 0,000017 | 3,80 |
| 3,81 | 0,000281 | 0,000070 | 0,000016 | 3,81 |
| 3,82 | 0,000271 | 0,000067 | 0,000016 | 3,82 |
| 3,83 | 0,000260 | 0,000064 | 0,000015 | 3,83 |
| 3,84 | 0,000251 | 0,000062 | 0,000014 | 3,84 |
| 3,85 | 0,000241 | 0,000059 | 0,000014 | 3,85 |

| | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 3,86 | 0,000232 | 0,000057 | 0,000013 | 3,86 |
| 3,87 | 0,000223 | 0,000054 | 0,000013 | 3,87 |
| 3,88 | 0,000215 | 0,000052 | 0,000012 | 3,88 |
| 3,89 | 0,000207 | 0,000050 | 0,000011 | 3,89 |
| 3,90 | 0,000199 | 0,000048 | 0,000011 | 3,90 |
| 3,91 | 0,000191 | 0,000046 | 0,000011 | 3,91 |
| 3,92 | 0,000184 | 0,000044 | 0,000010 | 3,92 |
| 3,93 | 0,000177 | 0,000042 | 0,000010 | 3,93 |
| 3,94 | 0,000170 | 0,000041 | 0,000009 | 3,94 |
| 3,95 | 0,000163 | 0,000039 | 0,000009 | 3,95 |
| 3,96 | 0,000157 | 0,000037 | 0,000008 | 3,96 |
| 3,97 | 0,000151 | 0,000036 | 0,000008 | 3,97 |