

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



**REDUCCIÓN DE COSTO TOTAL DE INVENTARIO
APLICANDO UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIO
DEL TIPO (s, S)**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

CESAR ANIBAL MATOS QUISPE

LIMA-PERÚ
2012

DEDICATORIA

A mis padres Beatriz y Esteban a mis hermanas en especial a Mariela que siempre me brindo y me sigue brindando su apoyo, y a mi tío Humberto.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mis hermanos y familiares por todo el apoyo brindado para realizarme profesionalmente.

A mis amigos y compañeros de promoción por compartir gratos momentos en la vida universitaria.

A mi alma mater "Universidad Nacional de Ingeniería" por brindarme la formación profesional, y a todos que de una u otra manera contribuyeron a realizar el presente informe de suficiencia.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: PENSAMIENTO ESTRATÉGICO	14
1.1 Diagnóstico Funcional	14
1.1.1 Productos	14
1.1.2 Clientes	15
1.1.3 Proveedores	16
1.1.4 Procesos	19
1.1.5 Organización	25
1.2 Diagnostico Estratégico	27
1.2.1 Visión y Misión	27
1.2.2 Objetivos Estratégicos	28
1.2.3 Análisis Interno	29
1.2.4 Análisis Externo	30
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	36
2.1 INTRODUCCIÓN	36
2.2 SÍNTOMA DE LA MALA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIO	37
2.3 RAZONES PARA MANTENER INVENTARIOS	39
2.4 PROPÓSITO DEL CONTROL DE INVENTARIO	40

2.5	OBJETIVOS DEL CONTROL DE INVENTARIO	41
2.6	BENEFICIOS DEL CONTROL DE INVENTARIO	42
2.7	COSTO DE INVENTARIO	42
2.8	PRESIONES PARA MANTENER INVENTARIOS BAJOS	45
2.9	PRESIONES PARA MANTENER INVENTARIOS ALTOS	47
2.10	SELECCIONADO UNA POLITICA DE INVENTARIO	51
2.11	Sistemas de Inventario Estocásticos	52
2.11.1	Políticas de reposición del inventario	54
2.11.2	Política (s, Q) : Estimación del Punto de Reorden y Cantidad de Pedido	57
2.11.3	Política (s, S) : Estimación del Punto de Reorden y Nivel de Pedir-Hasta (S)	63
2.11.4	Política (T, S) : Estimación del Periodo de Revisión (T) y Nivel Pedir-Hasta (S)	65
2.11.5	Política (T, s, S) : Estimación del Periodo de Revisión (T) , Punto de Reorden (s) y Nivel Pedir-Hasta (S)	69
2.12	Métricas para el Nivel de Servicio	73
2.13	Análisis de Sensibilidad de un Modelo de Inventario (s, S)	76
2.14	TÉCNICAS DE SIMULACIÓN APLICADAS A LA GESTIÓN DE STOCKS	78
2.14.1	La simulación: Posibles Aplicaciones	78
2.14.2	Ventajas e Inconvenientes de las Técnicas de Simulación	79
2.14.3	El Método Monte Carlo	81

2.14.4 Aplicaciones de la Simulación a la Gestión de Stocks	83
CAPÍTULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES	84
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	84
3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	88
3.3 METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES	89
3.3.1 Factores de Selección	89
3.4 TOMA DE DECISIÓN	92
3.5 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA	94
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
3.1 Conclusiones	104
3.2 Recomendaciones	105
Bibliografía	107
Acrónimos	108
Apéndice A: Simulación del modelo Actual	109
Apéndice B: Simulación de modelos Opcionales	110
Apéndice C: Proceso de Optimización por Simulación	113
Apéndice D: Método AHP	115
Apéndice E: Tabla de Productos	118

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1	Matriz EFE (Evaluación de Factores Externos)	32
TABLA 1.2	Matriz EFI (Evaluación de Factores Internos)	32
TABLA 1.3	Matriz MPC (Matriz de Poción Competitiva)	33
TABLA 1.4	Matriz FODA	35
TABLA 3.1	Ponderación de factores de selección	93
TABLA 3.2	Valoración de alternativas de solución	94
TABLA 3.4	Distribución de los días de aprovisionamiento.	96
TABLA 3.3	Distribución de la demanda diaria del producto	96
TABLA 3.5	Estimadores de (s, S) con nivel de servicio entre 0.990 y 0.991 obtenido por método de la Fuerza Bruta	100
TABLA 3.6	Resultado parcial de simular el modelo con $(s, S) = (345, 598)$.	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Diagrama de clientes de la empresa	15
FIGURA 1.2 Cadena de valor de la organización y sus procesos estratégicos	20
FIGURA 1.3 Diagrama oganizacional de la empresa	26
FIGURA 2.1 Modelo de inventario sobre el tiempo en una política (s, Q)	53
FIGURA 2.2 Modelo de inventario sobre el tiempo en una política (s, S)	53
FIGURA 2.3 Modelo de inventario sobre el tiempo en una política (T, S)	54
FIGURA 2.4 Modelo de inventario sobre el tiempo en una política (T, s, S)	54
FIGURA 3.1 Diagrama Causa-Efecto para el problema planteado “Exceso de inventario”.	86
FIGURA 3.2 Árbol de efectos del problema planteado	87
FIGURA 3.3 El método clásico para la toma de decisiones	91
FIGURA 3.4 Estructura del problema para la toma de decisión	93
FIGURA 3.5 Diagrama lógico del modelo de simulación	99
FIGURA 3.6 Gráfica de niveles de inventario del modelo de simulación con $(s, S) = (345, 598)$	103

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

Inventario

Simulación

Modelo de inventario

Política de inventario (s, S)

Nivel de servicio

Monte Carlo

Costo total de inventario

Análisis ABC

Gestión de stocks

Modelos estocásticos

RESUMEN

El presente informe de suficiencia propone un modelo de control de inventario para minimizar los costos totales de inventario, aplicando una política de inventario de tipo (s, S) que es un modelo de control de inventario de clase estocástica. Explica cómo se desarrolla el modelo mediante el uso de la simulación Monte Carlo tanto para simular el modelo de inventario así como también la metodología de optimización para obtener los valores de decisión.

Para el modelo de simulación se considera solo un producto de la empresa para la cual se ha obtenido la información necesaria para desarrollar y plantear el modelo que minimiza los costos totales de inventario con la restricción de nivel de servicio.

Dicho informe está estructurado en cuatro capítulos, el primer capítulo trata de un diagnóstico organizacional donde se describen los procesos principales de la empresa, la organización y un análisis FODA de la empresa. El segundo capítulo trata del marco teórico en el cual el presente informe se basó para su desarrollo, donde se describen los diferentes modelos estocásticos de

inventario y la razón de porque tener una gestión de existencias.

Por último en el tercer capítulo se describe la problemática, los efectos y las alternativas de solución y los factores de selección, posteriormente mediante la metodología AHP se selecciona y desarrolla la alternativa elegida, se describe la metodología de optimización usado para encontrar los estimadores de las variables de decisión (s , S).

INTRODUCCIÓN

En términos más simples, la gestión de inventario se ocupa de los asuntos eternos de cuánto mantener disponible y cuánto y con qué frecuencia ordenar un pedido.

Para muchas compañías, el inventario es un recurso esencial necesitado por las operaciones del día a día. Las compañías de ensamble y manufactureras necesitan materias primas para procesar y combinar con artículos comprados para terminar en productos terminados. Los centros de distribución y las tiendas minoristas necesitan productos para vender. Las compañías que son predominantemente operaciones de servicio necesitan una variedad de suministros de oficina y otros suministros. Todas las operaciones necesitan varios tipos de mantenimiento, reparación, y materiales de consumo.

El patrón, la oportunidad del momento, y nivel de demanda para productos finales raras veces exactamente corresponden a la cantidad y tipo de inventario que una compañía tiene disponible. Cuando la demanda es baja, una compañía puede tener existencias disponibles que desearía no tener. Por

otra parte, hay momentos en los que la demanda es alta y las compañías desean haber tenido más disponible de inventario. No es en realidad una situación no ganador. Es una situación que dio lugar a lo que llamaría los asuntos eternos de gestión de inventario, el cual trata con cuánto mantener disponible y cuánto y con qué frecuencia renovar un pedido.

Idealmente, si estamos siempre seguros del nivel de demanda y el tiempo entre pedidos, no habrá necesidad para mantener cualquier inventario. El nivel de demanda se refiere a las cantidades y oportunidad del momento de la necesidad para los diversos productos que producimos. El tiempo de espera entre pedidos se refiere al período entre colocar un pedido de reabastecimiento y el tiempo que es recibido actualmente.

En nuestro mundo real todos nosotros sabemos que a menudo no podemos determinar la demanda del cliente o el tiempo entre pedidos. Por consiguiente decimos que mantenemos inventario en reserva primordialmente para cubrir estas incertidumbres. La razón por la que ésta es una preocupación es porque queremos cumplir con las necesidades del cliente a tiempo oportuno y con las cantidades correctas y a la misma vez cumplir con las necesidades del cliente y producir una utilidad para nuestra firma. No podemos permitirnos el lujo de ser temerarios en decidir qué cantidades de inventario mantener disponible, porque, aunque nos puede ayudar a nosotros a cumplir con las necesidades del cliente, podemos terminar perdiendo dinero durante el proceso.

CAPÍTULO I

PENSAMIENTO ESTRATÉGICO

1.1 DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

1.1.1 Productos

La empresa tienen dos rubros de negocio; útiles de oficina y útiles escolares, siendo este último el de mayor volumen de ventas, por lo tanto soporta financieramente a la empresa. Dentro de los útiles de escritorio ofrece una gama de productos entre los cuales encontramos: perforadores, engrampadoras, pos-it, accesorios para oficina (grapapas, blinder clips, clips niquelados, etc.), archivadores, etc. La empresa también comercializa productos de la marca franquicia que son importados.

Dentro del rubro útiles escolares tiene una gran variedad productos en los dos tipos de marcas, tanto la marca propia como en la marca franquicia, como son temperas, crayolas, pintura para dedos, lápices de color, limpiatipos, etc. Dichos productos se ofertan en una gran variedad de modelos, tipos, y tamaño, como

por ejemplo, las temperas se ofertan en frascos de 30ml y frascos de 250ml, las crayolas y plastilinas en colores normales y neón, y en tamaño normal o jumbo. Además la empresa comercializa en la marca franquicia productos no fabricados por la propia empresa como: resaltadores, marcadores, goma en barra, tijeras, lapiceros, correctores, etc. Dichos productos son importados de la región y de Asia.

1.1.2 Clientes

Los clientes de la organización son de tres tipos: los clientes de venta al detalle entre los cuales se encuentran las librerías y los puestos de venta en las



FIGURA 1.1 Diagrama de clientes de la empresa

galerías comerciales, supermercados y tiendas por departamento, mayoristas y tiendas comerciales del rubro. Siendo los clientes detallistas y los mayoristas que aportan el mayor porcentaje de ventas, seguido por los supermercados.

Cabe destacar que el mayor movimiento se realiza en las campañas escolares o inicios de clase donde se da el mayor volumen de venta.

1.1.3 Proveedores

Los proveedores principalmente son del tipo de productos químicos, que son utilizados para la elaboración de sus productos, dichos proveedores abastecen a la empresa con materia prima de calidad para la fabricación de sus productos, dichas materias primas son: pigmentos, aglutinantes, espesores, grafito, aceites, sal industrial y polímero especialmente polipropileno y policarbonato.

La mayoría de sus materias primas son importadas por sus proveedores lo cual es una desventaja para la empresa en el sentido que depende básicamente de su proveedor para cubrir sus necesidades.

Los niños son nuestra prioridad y la organización tiene el compromiso de proveerles con productos que inspiran aprender y creatividad. Con eso en mente, nuestra meta es proveerles los productos sobresalientes a nuestros clientes en el mejor costo en una manera oportuna. Esto sólo puede ser logrado asociándose con nuestros proveedores para ser eficiente y eficiente en base a costos, que a su vez se responsabilizará por nuestras expectativas del consumidor. El papel de nuestros proveedores es entregar 100% completo, correcto y mercancías a tiempo y servicios que logran o exceden expectativas.

La premisa de la organización es buscar lo siguiente:

- * Compromiso para la excelencia, seguro, productos de calidad
- * Cumplir con las necesidades creativas de niños
- * Inspirar creatividad ilimitada
- * Socios que demuestran el mismo compromiso como la organización
- * Proveedores que cumplan con nuestras expectativas que a su vez legan ayuda para satisfacer los requisitos de nuestros consumidores
- * Materiales de Calidad
- * Formas para desarrollar productos en una manera efectiva y eficiente en costos mientras mantiene el nivel más alto de calidad
- * Completo 100%, correcto y entregas a tiempo

Todos los materiales usados en la manufactura de partes para productos satisfarán requisitos legales actuales y requisitos reguladores para sustancias restringidas, tóxicas y peligrosas y sustancias aplicables para tanto el lugar de manufactura y el lugar de nuestros clientes. El compromiso de calidad de la organización para sus clientes comienza con nuestro material comprado. Conjunto de directrices, que incluye especificaciones del producto, definir requisitos de calidad general y de control de proceso que nuestros proveedores deberían usar durante la producción de productos requeridos por la organización.

Propiedad de Calidad

La filosofía de calidad en la organización se basa en el principio de que el

productor posee la calidad del producto. Aplicamos este principio no sólo para los productos confeccionados en nuestras instalaciones, sino que también para los materiales, los componentes, y los productos manufacturados por nuestros proveedores. Entregar productos de alta calidad es esencial para este principio y nosotros esperamos que todo el mundo en la cadena del suministro cumpla con las expectativas de calidad.

Especificaciones

Todo lo que los materiales, los componentes y los productos terminados comprados del proveedor por la organización tendrán una especificación que contiene suficiente información para completamente comunicar nuestras expectativas del artículo comprado. En un mínimo, cada ítem tendrá un diseño o especificación material. Todas las materias primas, todos componentes, y todos productos terminados conforme a los requisitos de calidad y de diseño de la organización, los requisitos reguladores, los atributos del producto, y requisitos de muestreo de aceptación. Los proveedores no deberían producir materiales, componentes, o productos para la organización sin una especificación de la organización. Material No conforme es inaceptable para la organización y puede dar como resultado problemas de producción, retrabajo costoso, y clientes disconformes de productos de la organización.

Inspecciones

En la mayoría de los casos, los materiales, los componentes y los productos

entregados por nuestros proveedores son recibidos directamente en el inventario. Hay casos, sin embargo, cuándo la organización transmitirá inspecciones de materiales comprados antes de entrega para confirmar que el material cumpla con nuestras especificaciones. Estas inspecciones son típicamente realizadas en bienes de procedencia del extranjero y en casos cuando ha habido un problema significativo de calidad. Una vez que la suficiente confianza es ganada en el desempeño del proveedor, estas inspecciones pueden ser reducidas o descontinuadas.

Las características de los sujetos a inspección pueden incluir dimensiones, propiedades materiales, prueba funcional, y apariencia. Todas las características siempre que sea aprobado serán incluidas en la sección de Calidad del Proveedor de nuestras especificaciones.

Los proveedores de la organización son evaluados en su habilidad para enviar a órdenes completas, correctas y a tiempo, gestión de costos, proveer soporte innovador y su habilidad para proponer otras metas importantes para la organización.

1.1.4 Procesos

La mayoría de los productos se obtienen por medio de una serie de actividades empresariales interrelacionadas. La visión de los procesos de una empresa es útil para entender cómo se obtienen los productos y porque es importante la coordinación entre funciones. La cadena de valor en una empresa es el

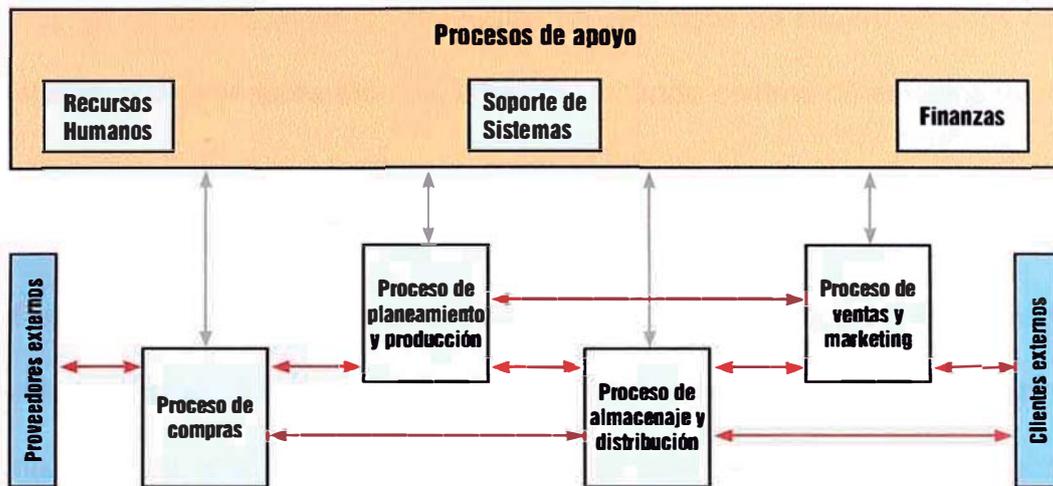


FIGURA 1.2 Cadena de valor de la organización y sus procesos estratégicos

trabajo acumulado de los procesos interrelacionados que produce un bien que satisface a los clientes. En la organización su cadena de valor centra la atención en dos tipos de procesos, los procesos estratégicos que es la cadena de actividades que entrega valor a los clientes externos, y los procesos de apoyo que proporcionan recursos vitales e insumos a los procesos estratégicos y es esencial para la administración de la empresa como; selección y contratación de personal, sistemas de información y finanzas. En la figura 1.2 se muestra una gráfica donde se detalla estos dos tipos de procesos.

Proceso de Ventas y Mercadeo

El proceso de ventas y marketing se encarga de promocionar y vender todos los productos que la empresa fabrica y comercializa tanto para la marca franquicia como la marca propia, la venta se realiza mediante sus fuerzas de ventas que recorren y visitan al cliente para realizar su pedido, mientras marketing se

encarga de promocionar los productos en catálogos de supermercados con estantes y mostradores propios, además visitando centros de estudios inicial y primaria. Debido a información no confiable en los niveles de inventario, hay muchos cambios en los pedidos iniciales del cliente, porque se brinda al cliente productos que aparentemente hay en existencias, pero físicamente no hay mercancía disponible, esto ocasiona cambiar el pedido del cliente o brindarle una nota de crédito por el producto faltante. Esta situación provoca un doble trabajo porque a menudo se requiere realizar cambios a la facturación del pedido.

La organización cuenta con una fuerza de ventas que visitan a los clientes para atender sus órdenes de compra, la presentación de ventas se basa en una estructura basada en 3 puntos importar antes:

- * Las características del producto: Lo que es el producto en sí, sus atributos
- * Las ventajas: Aquello que lo hace superior a los productos de la competencia
- * Los beneficios que obtiene el cliente: Aquello que busca el cliente de forma consciente o inconsciente

Esta fuerza de ventas son capacitados al inicio de cada campaña escolar, para darles a conocer las bondades de los productos y las ventajas, quienes son nuestros clientes y relativo a la empresa, que posteriormente serán transmitidas a nuestros clientes, para incrementar las ventas la organización

aplica estrategias comerciales como mencionamos a continuación:

- * En las condiciones actuales de mercado, la selección y mantenimiento de una fuerza de ventas efectiva se hace cada vez más necesario.
- * Establecer estratégicamente la cantidad de vendedores necesarios para el logro del éxito comercial de la empresa.
- * Contar con perfiles muy bien diseñados y una disciplina seria para contratar personal de ventas, es indispensable.
- * Definir con claridad; son vendedores o ejecutivos de cuenta. Son vendedores de mantenimiento o son promotores creadores de nuevos clientes.

Dentro de su proceso de ventas la organización cuenta con políticas de ventas aplicables a sus clientes que enumeramos a continuación:

- * Precios y descuentos
- * Forma de pago
- * Restricciones de crédito y garantías de pago
- * Tiempo de entrega
- * Cambios y devoluciones

A la fuerza de ventas se le suministra todos los recursos necesarios para efectuar su trabajo como catálogos, lista de precios, etc. Para obtener

retroalimentación dentro de proceso de ventas se realiza un “informe de ventas” que son estadísticas para medir la productividad de las visitas en dicho informe se detalla: Nombre de la empresa, nombre y apellido, si en la presentación se logró cerrar una venta, y si no ¿por qué?, fecha próxima visita o llamada y observaciones.

El mercadeo de los productos se realiza a través de medios de publicidad y también mediante una lista de útiles con los productos de la empresa para ser distribuidos en centros de estudios iniciales, que son sus principales clientes y la razón de ser de la empresa, también cuenta con mostradores que son distribuidos a diferentes entidades comerciales para exhibir y dar a conocer los productos que la empresa fabrica.

Debido a que el entorno en el que nos posicionamos cambia y evoluciona constantemente, el éxito de la empresa dependerá, en gran parte, de su capacidad de adaptación y anticipación a estos cambios. Para ello la empresa debe ser capaz de comprender en qué medida y de qué forma los cambios futuros que experimentará el mercado afectarán a la empresa y de establecer las estrategias más adecuadas para aprovecharlos al máximo para su beneficio.

Proceso de Compras

El departamento de compras se encarga de adquirir productos y gestionar los

recursos necesarios para el buen funcionamiento de la empresa.

Los bienes adquiridos por la empresa son insumos para la fabricación de sus productos, envases y embalajes, suministros y servicios. Con una buena gestión de compras la empresa obtiene ventajas al incrementar los márgenes o beneficios en ventas, debido a reducción de costos.

Las principales funciones del departamento de compras son:

- * Buscar proveedores competitivos que ofrezcan ventaja nuestros productos, proveedores que nos provean de materiales de mejor calidad y entrega a tiempo.
- * Adquirir materiales con la calidad adecuada para satisfacer tanto al cliente interno como externo; consumidor final.
- * Conseguir la mejor relación calidad-precio, la calidad es el criterio principal de elección, por eso es preciso negociar con el proveedor las facilidades de pago.

Proceso de Distribución y Almacenaje

La organización distribuye gran parte de sus ventas a través del canal más corto, que en este es caso es a través del detallista, de esta forma evita costos innecesarios que encarecen el costo final e impide que el producto sea competitivo por razones de precio, pero tiene una cobertura de mercado muy limitada.

Actualmente la capacidad del almacén no se da abasto para almacenar todos los productos adecuadamente debido a los altos niveles de existencias, esta situación lleva a deterioro del producto, pérdidas ocasionadas por excesiva manipulación y mermas.

En la organización el sistema de almacenaje es el de “operario hacia el producto”, en este sistema las mercancías se almacenan en estanterías, y la extracción se realiza en forma manual, es decir el operario se desplaza hasta el lugar donde se almacena el artículo que necesita.

Las principales actividades que realiza en el almacén son:

- * Recepción de artículos.
- * Estiba de artículos
- * Inspección de artículos
- * Ubicación de artículos
- * Manipulación de artículos
- * Despacho de mercadería
- * Control de inventarios
- * Mantenimiento de almacén

1.1.5 Organización

La organización de la empresa está formada por el gerente y debajo de él están los departamentos de, compra, finanzas, administración y operaciones. Dentro de producción encontramos los departamentos de planeación, calidad,

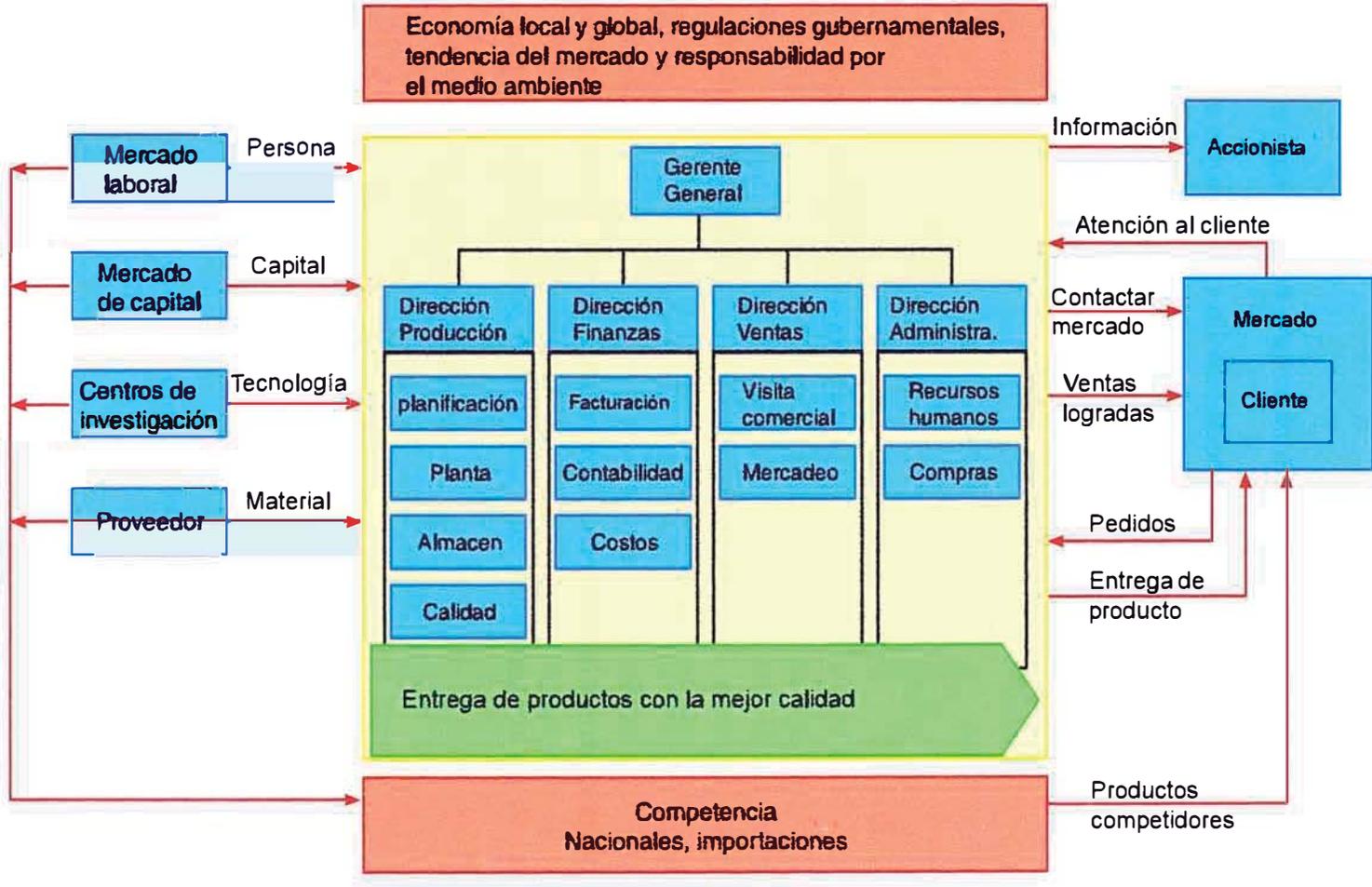


FIGURA 1.3 Diagrama oganizacional de la empresa

almacén y compras de materia prima.

Un modelo de organización propuesto es presentado en la figura 1.3 donde se muestra la organización e interacción con su entorno y como afecta a la organización, y la cadena de valor. Es importante destacar que la empresa es relativamente nueva en el rubro y lo tanto su organización no está bien definida.

1.2 DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO

1.2.1 Visión y Misión

Visión

Ser reconocido mundialmente como marca que líder en el mercado, ofreciendo un surtido de productos que reflejan los más altos estándares de calidad, innovación y eterno tradición Alemana.

Misión

Crear productos que inspiran creatividad e imaginación, obtener la confianza y satisfacción de nuestros clientes, ofreciendo productos y servicios con la más alta calidad.

Logramos nuestra misión mediante:

- * Estableciendo una presencia fuerte de marca en todo el mundo

construyendo aprecio a la marca desde niños a adultos

- * Acumulando conocimiento de fondo de las necesidades de nuestros clientes y provee las soluciones esperadas
- * Aplicando herramientas y tecnología probada para desarrollarse y ejecutar ideas innovadoras
- * Haciendo una selección y desarrollando una red de canales de distribución efectivos
- * Reclutando, entrenando, desarrollando, reteniendo y premiando personas talentosas y motivadas
- * Asegurar el medio ambiente en el cual operamos sea seguro, sano y protegido

1.2.2 Objetivos Estratégicos

Los objetivos estratégicos planteados son:

1. Aprovechar la representación exclusiva de la marca franquicia para impulsar la imagen de la marca propia para que sea más conocido en el mercado.
2. Incrementar la competitividad mejorando nuestra producción, con la innovación de la gestión fabricación y proceso en nuestra cadena de valor.
3. Contar con una organización moderna y flexible que facilite y mejore la

eficacia y eficiencia de los procesos de gestión.

4. Campañas escolares fuertes para hacer conocer nuestro producto ofertados en el mercado nacional.
5. Incrementar y mantener nuestra participación en el mercado.
6. Mejorar la imagen institucional.
7. Fortalecer la cultura de calidad.
8. Lograr y mantener un sistema de gestión eficiente.
9. Disponer de infraestructura y tecnología adecuada, renovando progresivamente sus máquinas y equipos a largo plazo.

1.2.3 Análisis Interno

Este análisis nos permite identificar los elementos que están dentro de la organización, que son controlables desde la gestión de la organización y condicionan su desempeño, tanto positivamente (fortalezas) o negativamente, impidiendo que la organización alcance sus objetivos (debilidades). Para la organización se definieron las siguientes fortalezas y debilidades:

Fortalezas

- * Ser representante exclusivo en el Perú de una marca de reconocida calidad y prestigio a nivel mundial.
- * Brindar productos de muy buena calidad a precios competitivos acorde al mercado.

- * Capacidad de exportación a otras empresas que forman parte de la compañía de la cual somos representantes.
- * Experiencia en la fabricación de lápices de gráfico.
- * Trabajar con empresas que tienen responsabilidad para proteger el medio ambiente.

Debilidades

- * La empresa aún no es muy conocida en el mercado nacional.
- * Baja participación en el mercado nacional.
- * Máquinas y equipos de segunda que afectan la productividad de la empresa.
- * Imagen institucional poco difundida y deficiente.
- * Poco incentivo para el desarrollo de una cultura corporativa proactiva, y deficiente comunicación interna.

1.2.4 Análisis Externo

Este análisis nos permite identificar los elementos que están fuera de la organización, y que no son controlables desde la gestión de la organización y pueden condicionar su desempeño, tanto en sus aspectos positivos (oportunidades) o negativos frenando el logro de los objetivos (amenazas). Para la organización se definieron las siguientes oportunidades y amenazas:

Oportunidades

- * Aumentar o mejorar su participación en el mercado nacional.
- * Entrar al mercado internacional de la mano de la marca franquicia para dar a conocer su propia marca.
- * Renovar sus máquinas y equipos para mejorar la productividad.
- * Tratados de libre comercio firmado con varios países.

Amenazas

- * Competencia fuerte en el rubro de útiles escolares por parte de sus competidores nacionales debido a su fuerte posicionamiento.
- * Productos importados principalmente de china, que tienen precios bajos.
- * Altos niveles de competitividad en la fabricación de útiles escolares.

Oportunidades		Valor	Clasificación	Valor Ponderado
1.	Aumentar su posición de participación en el mercado nacional.	0.18	2	0.36
2.	Entrar al mercado internacional de la mano de la marca franquicia para dar a conocer su propia marca.	0.12	1	0.12
3.	Renovar sus máquinas y equipos para mejorar la productividad.	0.15	1	0.15
4.	Tratados de libre comercio.	0.10	2	0.20
Amenazas		Valor	Clasificación	Valor Ponderado
1.	Competencia fuerte en el rubro de útiles escolares por parte de sus competidores nacionales debido a su fuerte posicionamiento.	0.16	3	0.48
2.	Productos importados principalmente de china. que tienen precios bajos.	0.12	2	0.24
3.	Altos niveles de competitividad en la fabricación de útiles escolares.	0.17	3	0.51
Total		1		2.06

Nota: (1) Las calificaciones indican el grado de eficacia con que las estrategias de la empresa responden a cada factor, donde 4 = la respuesta es superior, 3 = la respuesta está por arriba de la media, 2 = la respuesta es la media y 1 = la respuesta es mala.

(2) El total ponderado de 2.06 está por debajo de la media de 2.50.

TABLA 1.1 Matriz EFE (Evaluación de Factores Externos)

Fortalezas		Valor	Clasificación	Valor Ponderado
1.	Ser representante exclusivo en el Perú de una marca de reconocida calidad y prestigio a nivel mundial.	0.11	4	0.44
2.	Brindar productos de muy buena calidad a precios competitivos acorde al mercado.	0.12	3	0.36
3.	Capacidad de exportación a otras empresas que forman parte de la compañía de la cual somos representantes.	0.10	1	0.10
4.	Experiencia en la fabricación de lápices de gráfico.	0.10	4	0.40
5.	Trabajar con empresas que tienen responsabilidad para proteger el medio ambiente.	0.09	3	0.27
Debilidades		Valor	Clasificación	Valor Ponderado
1.	La empresa aún no es muy conocida en el mercado nacional.	0.10	2	0.20
2.	Baja participación en el mercado nacional.	0.13	2	0.26
3.	Máquinas y equipos de segunda que afectan la productividad de la empresa.	0.12	1	0.12
4.	Imagen institucional poco difundida y deficiente.	0.09	2	0.18
5.	Poco incentivo para el desarrollo de una cultura corporativa proactiva. y deficiente comunicación interna.	0.04	1	0.04
Total		1		2.37

TABLA 1.2 Matriz EFI (Evaluación de Factores Internos)

Factores importantes para el Éxito	Valor	La Empresa		Competencia 1		Competencia 2	
		Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado
Reconocimiento y prestigio de la marca en el mercado		4	0.80	4	0.80	4	0.80
Calidad de los productos		3	0.54	4	0.72	3	0.54
Publicidad y marketing del producto		2	0.34	3	0.51	3	0.51
Cobertura del mercado		2	0.30	4	0.60	3	0.45
Participación del mercado		2	0.32	3	0.48	4	0.64
Atributos y características superiores del portafolio del producto		3	0.42	4	0.56	3	0.42
Total	1.0		2.72		3.67		3.36

Nota: 1 = debilidad principal
2 = debilidad menor
3 = fortaleza menor
4 = fortaleza principal

TABLA 1.3 Matriz MPC (Matriz de Poción Competitiva)

La evaluación de los factores externos de la empresa (tabla 1.1) nos muestra un valor de 2.06, menor al promedio 2.50, esto indica que la empresa no está aprovechando las oportunidades y que las amenazas pueden hacer mucho daño. Si analizamos los valores asignados a las oportunidades y a las amenazas podemos observar que no está aprovechando las oportunidades para contrarrestar sus amenazas.

De manera similar al evaluar los factores internos (tabla 1.2) obtenemos un valor de 2.37 que es menor al promedio 2.5, esto indica que la empresa no capitaliza sus fortalezas internas para hacer frente a sus debilidades.

Al analizar su posición competitiva con los competidores más fuertes del mercado, como se observa en la tabla 1.3, nos muestra una posición competitiva débil respecto a sus competidores. La estrategia de la empresa deberá orientarse a disminuir el efecto de las debilidades y capitalizar sus fortalezas internas o mejorar sus debilidades y transformarlas en fortalezas.

En base al análisis realizado, los objetivos planteados busca revertir dicha situación, el análisis FODA desarrollado, mostrado en la tabla 1.4, plantea estrategias que ayudará a aprovechar sus oportunidades para contrarrestar las amenazas y capitalizar sus fortalezas.

MATRIZ FODA	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ser representante exclusivo en el Perú de una marca de reconocida calidad y prestigio a nivel mundial. 2. Brindar productos de muy buena calidad a precios competitivos acorde al mercado. 3. Capacidad de exportación a otras empresas que forman parte de la compañía de la cual somos representantes. 4. Experiencia en la fabricación de lápices de gráfico. 5. Trabajar con empresas que tienen responsabilidad para proteger el medio ambiente. 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La empresa aún no es muy conocida en el mercado nacional. 2. Baja participación en el mercado nacional. 3. Máquinas y equipos de segunda que afectan la productividad de la empresa. 4. Imagen institucional poco difundida y deficiente. 5. Poco incentivo para el desarrollo de una cultura corporativa proactiva, y deficiente comunicación interna.
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar su posición de participación en el mercado nacional. 2. Entrar al mercado internacional de la mano de la marca franquicia para dar a conocer su propia marca. 3. Renovar sus máquinas y equipos para mejorar la productividad. 4. Tratados de libre comercio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechar la representación exclusiva de la marca franquicia. • Incrementar la competitividad mejorando nuestra producción, con la innovación de la gestión fabricación y proceso en nuestra cadena de valor. • Contar con una organización moderna y flexible que facilite y mejore la eficacia y eficiencia de los procesos de gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar y mantener nuestra participación en el mercado. • Lograr y mantener un sistema de gestión eficiente.
<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Competencia fuerte en el rubro de útiles escolares por parte de sus competidores nacionales debido a su fuerte posicionamiento. 2. Productos importados principalmente de china, que tienen precios bajos. 3. Altos niveles de competitividad en la fabricación de útiles escolares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Campañas escolares fuertes para hacer conocer nuestro producto. • Disponer de infraestructura y tecnología adecuada, renovando progresivamente sus máquinas y equipos a largo plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la imagen institucional. • Fortalecer la cultura de calidad.

TABLA 1.4 Matriz FODA

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

La **administración de inventarios**, es decir, la planificación y control de los inventarios para cumplir las prioridades competitivas de la organización, es un motivo importante de preocupación para todos los gerentes de todo tipo de empresas. La administración eficaz de los inventarios es esencial para realizar el pleno potencial de toda la cadena de valor. El desafío no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni tener inventario en exceso para satisfacer todas las demandas, sino en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible. Hay numerosas razones por las cuales los inventarios están presentes en un canal de suministros una de ellas son que los inventarios se relacionan con el servicio al cliente.

La administración de inventarios es un proceso que requiere información

sobre las demandas esperadas, las cantidades de inventario disponibles y en proceso de pedido de todos los artículos que almacena la empresa y el momento y el tamaño indicados de las cantidades de reorden. El proceso de administración de inventarios puede analizarse y sus capacidades se pueden medir con respecto a las prioridades competitivas de la empresa.

2.2 SÍNTOMA DE LA MALA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIO

Esta sección trata de cómo reconocer administración inadecuada de inventario. Reconocer áreas del problema es el primer paso en determinar dónde las oportunidades existen para mejorar el desempeño logístico. Si una compañía está experimentando problemas continuos asociados con administración de inventario, un cambio en el proceso o sistema puede ser organizado.

Los siguientes síntomas pueden ser asociados con mala administración de inventario:

1. Incremento en el número de pedidos atrasados.
2. Incremento de la inversión en inventario con pedidos remanentes atrasados constante.
3. Alto tasa de devoluciones del cliente
4. Incremento en el número de órdenes canceladas
5. Falta periódica de insuficiente espacio para almacenaje

6. Variación extensa en devoluciones de artículos de inventario principal entre centros de distribución
7. Relación deteriorada con intermediarios, como cancelaciones tipificadas por el distribuidor y órdenes declinadas.
8. Gran cantidad de artículos obsoletos.

En muchas instancias los niveles de inventario pueden reducirse por uno o más de los siguientes pasos:

1. Planeando inventario multiescalón. Análisis ABC es un ejemplo de tal planificación.
2. Análisis de tiempo de espera de entrega de una orden.
3. Análisis del tiempo de entrega. Esto puede conducir a cambios en el transportista o negociar con transportistas existentes.
4. Eliminación de devoluciones bajas y/o ítems obsoletos.
5. Análisis del tamaño de paquete y estructura de descuento.
6. Examinar procedimiento para mercancías devueltas.
7. Fomento/automatización de productos sustitutos.
8. Instalación de sistemas de revisión de reorden formal.
9. Medición de índice por unidad de control de inventario (SKUs).
10. Análisis de las características de demanda del cliente.
11. Desarrollo de un plan formal de ventas y pronóstico de demanda.
12. Expandir la visión de inventario para incluir administración de inventario y

compartir información en varios niveles de la cadena de suministro.

13. Reingeniería de las prácticas de administración de inventario (incluido almacén y transporte) para realizar mejoras en el flujo del producto.

2.3 RAZONES PARA MANTENER INVENTARIOS

1. **Para estabilizar producción:** La demanda para un artículo fluctúa por número de factores, por ejemplo, estacionalidad, programa de producción, etc. Los inventarios (las materias primas y componentes) deberían estar hechos disponibles para la producción según la demanda fluctuante el cual los resultados en existencias nulas y producción paralizada toma lugar por falta de materiales. Por lo tanto, el inventario es mantenido para encargarse de esta fluctuación a fin de que la producción sea muy fácil.
2. **Para aprovechar los descuentos de precio:** Usualmente los fabricantes ofrecen descuento para comprar al por mayor y ganar esta ventaja de precio los materiales es comprada a granel si bien no es requerido inmediatamente. Así, el inventario es mantenido para ganar economía en comprar.
3. **Para dar abasto durante el período de reabastecimiento:** El tiempo empleado para la adquisición de materiales depende de muchos factores como lugar de la fuente, condición del suministro de demanda, etcétera. Así el inventario es mantenido para dar abasto durante el período de adquisición (reabastecimiento).

4. **Para prevenir pérdida de órdenes (ventas):** En este escenario competitivo, uno tiene que cumplir con el programa de entrega en el nivel de servicio de 100 por ciento, quiere decir que no pueden permitirse perder el programa de entrega que puede dar como resultado pérdida de ventas. Para evitar las organizaciones tienen que mantener inventario.
5. **Para avanzar al mismo paso al cambiar condiciones de mercado:** Las organizaciones tienen que anticipar sentimientos cambiantes del mercado y ellos tienen que surtir materiales en previsión la no disponibilidad de materiales o el alza rápida en los precios.

A veces las organizaciones tienen que surtir materiales debido a otras razones como la condición de cantidad de mínimo de proveedores, disponibilidad estacional de materiales o el alza rápida en los precios.

2.4 PROPÓSITO DEL CONTROL DE INVENTARIO

El control de inventario es un método planificado de determinar qué ordenar, cuando ordenar y cuánto de existencia a fin de que los costos asociados con comprar y almacenar es óptimo sin interrumpir producción y ventas. El control de inventario básicamente se ocupa de dos problemas: (i) ¿Cuándo debería ser una orden colocada? (Nivel del pedido), y (ii) ¿Cuánto debería ser ordenado? (Cantidad del pedido).

Estas preguntas son contestadas por el uso de modelos de inventario. El sistema de control de inventario científico impacta el balance entre la pérdida debido a la no disponibilidad de un artículo y el costo de llevar las existencias de un artículo. El control de inventario científico pone la mira en sostener un nivel óptimo de existencias de mercancías requerido por la compañía al costo mínimo para la compañía.

2.5 OBJETIVOS DEL CONTROL DE INVENTARIO

1. Para asegurar suministro adecuado de productos para el cliente y evitar escaseces hasta lo más posible.
2. Para asegurarse de que la inversión financiera en inventarios es mínima (o sea, ver que el capital de trabajo está bloqueado para la mínima extensión posible).
3. Eficiencia en compra, almacenaje, consumo y la contabilidad para materiales es un objetivo importante.
4. Para mantener registro oportuno de inventarios de todos los artículos y mantener las existencias dentro de los límites deseados
5. Para asegurar acción oportuna para el reabastecimiento.
6. Para proveer una reserva de existencia para variaciones en tiempos entre la entrega de materiales.
7. Para proveer una base científica tanto para una planificación de corto plazo y largo plazo de materiales.

2.6 BENEFICIOS DEL CONTROL DE INVENTARIO

Es un hecho establecido que a través de la práctica del control de inventario, lo siguiente son los beneficios del control de inventario:

1. Mejora en la relación con el cliente por la oportuna entrega de bienes y servicio.
2. Producción muy fácil e ininterrumpida, por lo tanto, sin desabastecimiento.
3. Utilización eficiente del capital de trabajo. Coadyuva en minimizar pérdida debido a daño de deterioro, obsolescencia y hurto.
4. La economía en comprar.
5. Elimina la posibilidad de pedido duplicado.

2.7 COSTO DE INVENTARIO

Los mismos principios tienen aplicación en decisiones comerciales de cantidad de pedido así como en la situación domesticada. En tomar una decisión o cuánto comprar, los gerentes de operaciones deben intentar identificar los costos que serán afectados por su decisión. Varios tipos de costos son directamente asociados con tamaño del pedido.

- 1 *Costó de hacer el pedido.* Cada vez que una orden es colocada para reabastecer existencias, varias transacciones se necesitan el cuál incurre

en costos para la compañía. Estos incluyen las tareas clericales de preparar la orden y toda la documentación asociado con él, hacer los preparativos para que la entrega se haga, hacer preparativos para pagarle al proveedor para la entrega, y los costos generales de conservar toda la información que nos deja hacer esto. También, si estamos colocando una “pedido interno” en parte de nuestra propia operación, hay todavía probables a ser los mismos tipos de transacción concernientes con la administración interna. Además, también podría haber una “conversión” el costo incurrido por parte de la operación el cual suministrar los artículos, causados por la necesidad para cambiar de producir un tipo de artículo a otro.

- 2 *Costos de descuento de precio.* En muchas industrias los proveedores ofrecen descuentos sobre el precio normal de compra por grandes cantidades; alternatively podrían imponer costos adicionales para las órdenes pequeñas.
- 3 *Costos por falta de stock.* Si juzgamos mal la decisión de la cantidad de pedido y nuestro inventario se queda sin stock, habrá costos que incurriremos por falla al suministrar a nuestros clientes. Si los clientes son externos, pueden tomar su negocio en algún otro sitio; si es interno, falta de stock podría conducir a tiempo desocupado en el siguiente proceso, ineficiencias y, eventualmente, otra vez, disatisfacción de los clientes externos.
- 4 *Costos del capital de trabajo.* Poco después de que recibamos una orden de reabastecimiento, el proveedor exigirá el pago por sus bienes.

Eventualmente, cuando (o después) suministramos a nuestros propios clientes, a su vez recibiremos pago. Sin embargo, probablemente habrá un atraso entre pagarle a nuestros proveedores y recibir pago de nuestros clientes. Durante este tiempo tendremos que financiar los costos de inventario. Éste es llamado *capital de trabajo* de inventario. Los costos asociados con eso es el interés por el que pagamos al banco pedirle prestado, o el costo de oportunidad de no invertir en algún otro sitio.

- 5 *Gastos de almacenaje*. Éstos son los costos asociados con almacenar físicamente los bienes. Arrendamiento, calefacción e iluminando del almacén, así como también garantizando el inventario, puede ser caro, especialmente cuando condiciones especiales son requeridas tales como baja temperatura o alta seguridad.
- 6 *Costos de Obsolescencia*. Cuando ordenamos grandes cantidades, esto usualmente resulta en artículos abastecidos gastando mucho tiempo almacenado en el inventario. Entonces hay un riesgo que los artículos podrían tanto caer en desuso (en el caso de un cambio en la moda, por ejemplo) o deteriorar con el tiempo (en el caso de la mayoría de productos alimenticios, por ejemplo).
- 7 *Costos de ineficiencia Operativa*. Según las filosofías de sincronización delgada, los niveles de inventario alto nos previenen ver la extensión completa de problemas dentro de la operación.

2.8 PRESIONES PARA MANTENER INVENTARIOS BAJOS

La labor del gerente de inventario consiste en equilibrar las ventajas y desventajas tanto de los inventarios altos como bajos y encontrar el medio justo entre los dos niveles. La principal razón para tener inventarios bajos es que el inventario representa una inversión monetaria temporal. Como tal, la empresa incurre en costos de oportunidad, que aquí denominamos costo de capital, originado por el dinero que está inmovilizado en el inventario y que podría usarse para otros propósitos. El costo por mantenimiento de inventario (o costo de manejo) es la suma del costo del capital más los costos variables que se pagan por tener artículos a la mano, como los costos de almacenamiento y manejo y los impuestos, seguros y mermas. Cuando esos componentes cambian según el nivel de inventario, lo mismo sucede con el costo de mantenerlo.

Generalmente, las compañías expresan el costo por mantenimiento de inventario de un artículo, por periodo, como un porcentaje de su valor. El costo anual de mantener una unidad en inventario fluctúa normalmente entre 15 y 35% de su valor. Este costo es considerable en términos de los márgenes de utilidad bruta, la cual a menudo es inferior a 10%. Así, los componentes del costo por mantenimiento de inventario crean presiones para mantener los inventarios bajos.

Costo de capital El costo de capital es el costo de oportunidad de invertir en un activo en relación con el rendimiento esperado de los activos que tienen riesgo similar. El inventario es un activo, en consecuencia, se debe usar una medida del costo que refleje adecuadamente el método de la empresa para financiar sus activos. La mayoría de las empresas usan el *costo promedio ponderado de capital* (WACC, del inglés, *weighted average cost of capital*), que es el promedio del rendimiento requerido del capital en acciones de la empresa y tasa de interés sobre su deuda, ponderado por la proporción de capital y deuda en su portafolio. Por lo general, el costo de capital es el componente más grande del costo por mantenimiento de inventario, ya que llega ser hasta de 15%, dependiendo del portafolio de capitalización particular de la empresa. Típicamente las compañías actualizan el WACC anualmente porque se utiliza para tomar muchas decisiones financieras.

Costo de almacenamiento y manejo El inventario ocupa espacio y tiene que ser acarreado para entrar o salir del almacén. Los costos de almacenamiento se generan cuando una empresa alquila espacio, ya sea a corto o largo plazo. También se incurre en un costo cuando la compañía podría usar productivamente el espacio que dedica al almacenamiento para otros propósitos.

Impuestos, seguros y mermas Se pagan más impuestos cuando los inventarios son altos al final del año, y el costo de asegurar los inventarios

aumenta también. Las mermas se presentan en tres formas. La primera, el *robo* o hurto de inventario por clientes o empleados, que en algunas empresas representa un porcentaje significativo de las ventas. La segunda forma de merma, llamada *obsolescencia*, se presenta cuando el inventario no puede usarse o venderse a su valor total, a causa de cambios de modelo, modificaciones de ingeniería o descensos inesperados de la demanda. La obsolescencia representa un gasto fuerte en el comercio de ropa al detalle, en el cual se ofrecen con frecuencia descuentos drásticos sobre muchas prendas estacionales al final de la temporada. Por último, el *deterioro* a causa de la descomposición física o daños en la mercancía da por resultado una pérdida de valor. Por ejemplo, los alimentos y bebidas pierden valor e incluso puede ser necesario desecharlos cuando su fecha de caducidad ha pasado. Cuando la tasa de deterioro es alta, la acumulación de grandes inventarios suele no ser aconsejable.

2.9 PRESIONES PARA MANTENER INVENTARIOS ALTOS

Dados los costos por mantenimiento de inventario, ¿por qué no eliminar el inventario por completo? Examinemos brevemente las presiones relacionadas con el mantenimiento de inventario.

Servicio al cliente La creación de inventarios puede acelerar las entregas y mejorar la puntualidad en el reparto de mercancías. Los niveles altos de

mercancía reducen las posibilidades de que se produzcan desabastos y pedidos aplazados, que son dos importantes motivos de preocupación de los vendedores al detalle y mayoristas. Un desabasto se presenta cuando un artículo que normalmente se tiene en inventario no está disponible para satisfacer la demanda en el momento en que ésta se presenta, lo cual se traduce en la pérdida de una venta. Un pedido aplazado es el pedido de un cliente que no es posible atender en la fecha prometida o solicitada, pero que se surte algún tiempo después. Es posible que los clientes estén dispuestos a esperar hasta que pueda atender su pedido, pero la próxima vez preferirán buscar a otro proveedor. En algunas ocasiones, los clientes reciben descuentos como compensación por las molestias que implica dicha espera.

Costo por hacer pedidos Cada vez que una empresa coloca un nuevo pedido, incurre en un **costo por hacer pedidos**, esto es, el costo de preparar una orden de compra para un proveedor, o una orden de producción en el caso de una fábrica o taller. Cuando se trata de un mismo artículo, el costo por hacer pedidos es el mismo, independientemente del tamaño del pedido: el encargado de compras debe destinar el tiempo necesario a la tarea de decidir la cantidad que solicitará en el pedido y, tal vez, para seleccionar un proveedor y negociar las condiciones de la operación. También se requiere tiempo para preparar la documentación, realizar el seguimiento y recibir la mercancía solicitada. Cuando se trata de una orden de producción para un producto manufacturado, frecuentemente es necesario que dicha orden vaya

acompañada de un proyecto general e instrucciones sobre la ruta a seguir. Sin embargo, internet agiliza el proceso de colocar pedidos y reduce los costos respectivos.

Costo de preparación El costo que implica reajustar una máquina para que fabrique un componente o artículo diferente del que se ha fabricado anteriormente se conoce como **costo de preparación**. Este incluye la mano de obra y el tiempo requerido para efectuar las modificaciones, la limpieza y, a veces, la instalación de nuevas herramientas o equipo. Los costos del material desperdiciado o de las operaciones de rectificación son notablemente más altos al principio de las partidas de producción. El costo de preparación también es independiente del tamaño del pedido, lo cual crea ciertas presiones para fabricar u ordenar una provisión grande de los artículos y mantenerlos en inventario, en lugar de pedir lotes pequeños.

Utilización de mano de obra y equipo Mediante la creación de más inventario, la gerencia puede incrementar la productividad de la mano de obra y la utilización de las instalaciones en tres formas. Primera, las órdenes de producción más grandes y menos frecuentes reducen el número de preparaciones improductivas, las cuales no aportan valor alguno al producto o servicio. Segunda, al mantener un inventario se reducen las posibilidades de tener que efectuar reprogramaciones costosas de las órdenes de producción porque los componentes necesarios para elaborar el producto no están

disponibles en inventario. Tercera, la existencia de un inventario mejora la utilización de los recursos porque estabiliza la tasa de producción cuando la demanda es cíclica o estacional. La empresa usa el inventario acumulado durante los periodos de poco movimiento para atender la demanda adicional de las temporadas pico, y eso minimiza la necesidad de organizar turnos de trabajo suplementarios, efectuar más contrataciones y despidos, pagar tiempo extra y adquirir equipo adicional.

Costo de transporte Algunas veces, el costo de transporte saliente puede reducirse aumentando los niveles de inventario. Tener inventario disponible permite realizar más embarques con cargas completas y minimiza la necesidad de acelerar los embarques utilizando otros medios de transporte más costosos. La *colocación hacia delante* del inventario también puede reducir el costo del transporte saliente, aun cuando el efecto de *centralización de inventarios* disminuye y se requiere más inventario. El costo de transporte entrante también puede reducirse creando un inventario mayor. A veces se hacen pedidos de varios tipos de artículos al mismo proveedor. Si esos pedidos se combinan y se hacen al mismo tiempo, es posible obtener tarifas de descuento, lo cual abate los costos de transporte y materias primas.

Pagos a proveedores Frecuentemente, una compañía puede reducir el total de los pagos que efectúa a sus proveedores si es capaz de soportar niveles de inventario más altos. Suponga que una empresa le resultaría

más económico pedir una cantidad mayor que de costumbre (lo cual sería equivalente a aplazar el incremento de precio), a pesar de que su inventario se incrementara temporalmente. Asimismo, una compañía puede aprovechar los descuentos por cantidad. Un **descuento por cantidad**, en el cual el precio unitario disminuye cuando el pedido es suficientemente grande, es en realidad un incentivo para ordenar cantidades mayores de mercancía.

2.10 SELECCIONADO UNA POLITICA DE INVENTARIO

Es realmente común para un almacén contener varios centenares (o incluso miles) de artículos. En tal contexto, las mercancías tienen un impacto fuerte en el coste total a tener para ser manejado cuidadosamente mientras para mercancías menos importantes es sabio recurrir a técnicas simples y de bajo costo.

El problema es generalmente abordado agrupando las mercancías en tres categorías (indicado con los símbolos A, B y C) en base del valor promedio de las mercancías en existencia. Este método es a menudo llamado la técnica ABC. La categoría A está formada por productos correspondiente a un porcentaje alto (por ejemplo, 80%) del valor total del almacén. La categoría B está constituida por un conjunto de artículos asociado con un 15% adicional del valor del almacén, mientras la categoría C está formado por los demás artículos. Las mercancías son subdivididas en estas categorías como sigue:

Primero, los productos primarios son ordenados por valores incrementales con respecto al valor promedio de las mercancías en existencia; los artículos son entonces escogidos entre la lista ordenada, para alcanzar los niveles de valor acumulados preestablecido.

En base del principio del 80 – 20 (o el principio Pareto), categorial A usualmente contiene una fracción pequeña (generalmente, el 20 – 30%) de las mercancías mientras que la categoría C incluye muchos productos. Esta observación sugiere que las mercancías de categorías A y B debería ser administrada con políticas basadas en pronósticos y un monitoreo frecuente (por ejemplo, categoría A por medio del método de inventario nivel de reorden y la categoría B a través de la política de inventario de ciclo de reorden). Los productos en categoría C pueden ser administrados usando la política de dos silos que no requiere ningún pronóstico.

2.11 SISTEMAS DE INVENTARIO ESTOCÁSTICOS

Los modelos de inventario estocásticos son diseñados para analizar sistemas de inventario donde hay considerable incertidumbre acerca de las demandas futuras, así como también el tiempo de espera o reabastecimiento no se conocen con certeza, estos modelos tienen una estructura matemática compleja. En esta sección un número de modelos estocásticos son ilustrados.

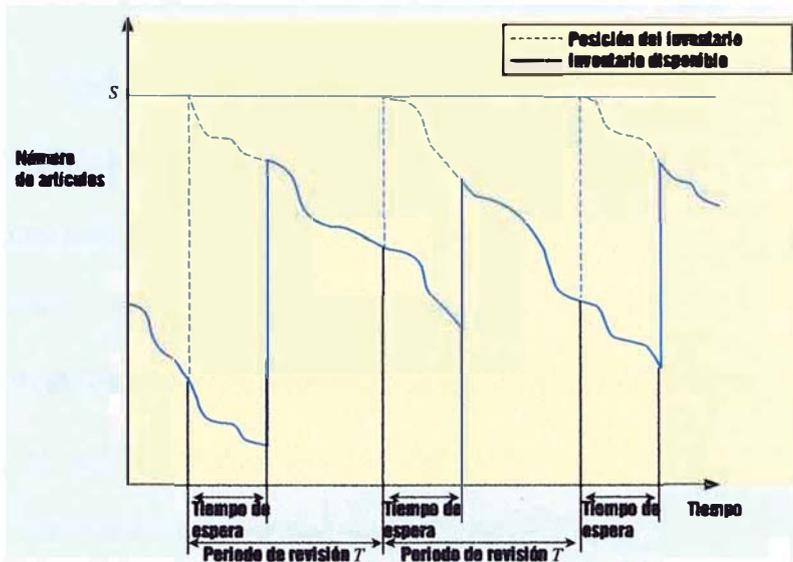


FIGURA 2.3 Modelo de inventario sobre el tiempo en una política (T, S)

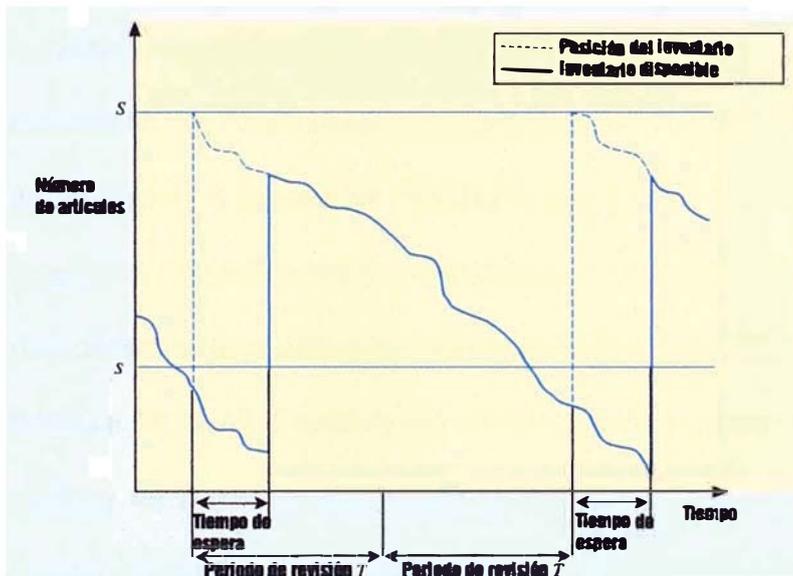


FIGURA 2.4 Modelo de inventario sobre el tiempo en una política (T, s, S)

2.11.1 Políticas de reposición del inventario

Las figuras 2.1 hasta 2.4 ilustran las siguientes políticas básicas para reposición de inventario en revisión continua y sistemas de revisión periódica.

- **Sistema de Revisión continúa**

Política (s, Q) : Cuando la posición de inventario (artículo a mano más artículos del pedido) desciende a un nivel dado, s , o debajo, un pedido es colocado para una cantidad fija, Q .

Política (s, S) : Cuando la posición de inventario (artículo a mano más artículo del pedido) desciende a un nivel dado, s , o debajo, un pedido es colocado por una suficiente cantidad para alcanzar la posición del inventario hasta un nivel dado, S .

- **Sistemas de revisión Periódica**

Política (T, S) : Posición de inventario (artículo a mano más artículo de pedido) es revisada en instancias regulares, espaciado en intervalo de tiempo de longitud T . En cada revisión, un pedido es colocado por una cantidad suficiente para alcanzar la posición de inventario hasta un nivel dado, S .

Política (T, s, S) : Posición del inventario (artículo a mano más artículo de pedido) es revisado en instancias regulares, espaciadas en intervalos de tiempo de longitud T . En cada revisión, si la posición del inventario está en el nivel s o debajo, un pedido es colocado por una cantidad suficiente para alcanzar la posición de inventario hasta un nivel dado S . si la posición del inventario está encima de s , pedido no es colocado. Esta política es además conocida como *política de revisión periódica (s, S)* .

Las cantidades Q , s , S y T en estas políticas son definidas como sigue:

Q = Cantidad de pedido

s = Punto de reorden

S = Nivel de reorden hasta

T = Revisión periódica (intervalo de tiempo entre revisiones)

La notación de estas cantidades varía en la literatura de inventario. Por ejemplo, alguna referencia denota el punto de reorden por R , mientras otras referencias usan R para el nivel de pedido-hasta, y otros usan R para la revisión periódica. La notación definida anterior es deseada para evitar ambigüedad, mientras sea consistente con la notación frecuentemente usada en la literatura.

La posición del inventario es la suma de inventario a mano (o sea, artículos inmediatamente disponible para cumplir con la demanda) e inventario del pedido (o sea, artículos pedidos pero aún no recibidos debido al tiempo de espera). Las políticas anteriores para el reabastecimiento son basados en el nivel del inventario, en vez que simplemente inventario a mano, para contar casos donde el tiempo de espera es mayor que la tiempo entre reabastecimiento. Si el tiempo de espera es siempre menor que el tiempo de reabastecimiento, entonces nunca habrá artículo pedido en el momento que un pedido es colocado, y en este caso la revisión de inventario puede ser basado simplemente en el inventario a mano.

Una nota en los sistemas de revisión continúa. Si la demanda ocurre un artículo

a la vez, entonces la política (s, S) es la misma como la política (s, Q) . Si, sin embargo, la demanda puede ocurrir en lotes, así que la posición del inventario puede llegar de un nivel superior s a un nivel inferior s instantáneamente (o sea, un rebase puede ocurrir), entonces las políticas (s, Q) y (s, S) son diferentes. Una comparación de figuras 2.1 y 2.2 ilustra la diferencia. En la política (s, Q) , la cantidad de pedido es fija, y la posición del inventario justo después de un pedido de reabastecimiento es colocado es variable de un ciclo de reposición a otro. En la política (s, S) , la posición del inventario justo después que un pedido de reabastecimiento es colocado es fijo, y la otra cantidad es variable.

La política (s, S) es un caso especial de la política (T, s, S) en el cual $T = 0$. La política (T, s, S) puede de esa manera ser estimado como una versión periódica de la política (s, S) . La política (T, S) representa un caso especial de la política (T, s, S) en el cual $s = S$.

2.11.2 Política (s, Q) : Estimación del Punto de Reorden y Cantidad de Pedido

Política de reaprovisionamiento: Cada vez que la posición del inventario (artículos a mano más artículos del pedido) alcanza el punto de reorden s o inferior, un pedido es colocado por una cantidad fija. La figura 2.1 ilustra la política (s, Q) .

Asume:

La demanda para artículos en una variable aleatoria con media y varianza fija.

- Las demandas en incremento de tiempo separado son independientes.

El tiempo de espera (o sea, el tiempo de cuando un pedido para reposición es colocado hasta el arribo de la reposición) es una variable aleatoria con media y varianza fija.

Los tiempos de espera son independientes.

Sea

s = punto de reorden (número de artículos)

Q = cantidad de pedido (número de artículos)

D = demanda promedio (número de artículos por unidad de tiempo)

σ_d^2 = varianza de la demanda (artículo² por unidad de tiempo)

L = tiempo de espera promedio (unidades de tiempo)

σ_l^2 = varianza del tiempo de espera (unidades de tiempo²)

k = factor del nivel de servicio

A = costo de ordenar (\$ por pedido)

H = costo de almacenamiento de un artículo (\$ por artículo por unidad de tiempo)

La varianza de la demanda, σ_d^2 , es definido por la demanda en una unidad de tiempo. Desde que la demanda en cada unidad de tiempo son asumidos a ser

independiente, la varianza de la demanda en un tiempo fijo de t unidades es

El punto de reorden, s , y la cantidad de pedido, Q , en la política (s, Q) son dados aproximadamente por

$$s = DL + k\sqrt{L\sigma_D^2 + D^2\sigma_L^2} \quad (2.1)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad (2.2)$$

En el caso especial de tiempo de espera fijo $\sigma_L^2 = 0$ y de la ecuación 2.1 para el punto de reorden s se reduce a

$$s = DL + k\sigma_D\sqrt{L} \quad (2.3)$$

La cantidad de pedido Q , dado por la ecuación 2.2, es el EOQ.

El punto de reorden s , dado por la ecuación 2.2, es el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de espera. El primer término DL , es el inventario necesario promedio. El segundo término, $k\sqrt{L\sigma_D^2 + D^2\sigma_L^2}$, es el inventario adicional necesario para evitar ruptura de existencia debido a la variabilidad aleatoria en la demanda y tiempo de espera. Este inventario adicional es el stock de seguridad, o sea,

$$\text{stock de seguridad} = k\sqrt{L\sigma_D^2 + D^2\sigma_I^2} \quad (2.4)$$

Los anteriores dos términos para s están basados en el resultado que la demanda durante el tiempo de espera tiene una media, DL , y una desviación estándar, $\sqrt{L\sigma_D^2 + D^2\sigma_I^2}$

El factor nivel de servicio, k , en la ecuación 2.1 y 2.4 es una constante adimensional que representa el número de desviación estándar más allá de la media, DL , necesario para lograr un nivel de servicio dado (o sea, un medida dada de desempeño para cumplir con la demanda del inventario). El nivel de servicio es típicamente medida usando uno de las dos siguientes dos cantidades – α y β :

α = probabilidad de cumplir con la demanda del inventario

β = fracción de demanda cumplida del inventario (además conocido como “ratio de llenar”).

La probabilidad, α , es la proporción del ciclo de reabastecimiento en el cual no ocurre escasez (independientemente del número de artículos escasos, cuando una escasez ocurre). El ratio de llenar β es la proporción de artículo total demandado que son rellenos del inventario (independientemente del número de ciclos de reabastecimiento en el cual una escasez ocurre).

Si la demanda durante el tiempo de espera tiene una distribución general con función de densidad de probabilidad (pdf) denotado por $f_i(x)$, entonces la cantidad α y β son dados por

$$\alpha = 1 - \int_0^{\infty} f_i(x) dx \quad (2.5)$$

y

$$\beta = 1 - \frac{1}{Q} \int_0^{\infty} (x - s) f_i(x) dx \quad (2.6)$$

Donde s está relacionado al factor nivel de servicio, k , por la ecuación 2.1

Si la demanda durante el tiempo de espera está distribuido normalmente, entonces las cantidades α y β están relacionadas al factor nivel de servicio, k , por

$$\alpha = \Phi(k) \quad (2.7)$$

y

$$\beta = 1 - \frac{\sigma_t}{Q} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}k^2\right) - k[1 - \Phi(k)] \right\} \quad (2.8)$$

donde $\Phi(k)$ es la función de distribución acumulada de la distribución normal

estándar, o sea,

$$\Phi(k) = \int_{-\infty}^k \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right) dx \quad (2.9)$$

y donde σ_t es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, o sea,

$$\sigma_t = k\sqrt{L\sigma_b^2 + D^2\sigma_i^2} \quad (2.10)$$

Para asegurar un alto valor de probabilidad α , el factor de servicio es típicamente establecido en el rango de 2–3. De la ecuación 2.9, donde $k=2$, $\alpha = 97.7\%$ y $k=3$, $\alpha = 99.9\%$

La relación entre el ratio de llenar, β , y el factor de servicio, k , es más complejo que el de α , desde que depende además en la cantidad de pedido, Q . El EOQ dado por la ecuación 2.2 provee una heurística útil aproximado para Q , el cual permite a s ser estimado separadamente de Q . Para un costo de escasez dado por artículo, s y Q pueden además ser optimizado conjuntamente.

Nota. Si la demanda en el cual la unidad de tiempo es normalmente distribuido, y el tiempo de espera es constante ($\sigma_i^2 = 0$), entonces la demanda durante el tiempo de espera es normalmente distribuido. Si, sin embargo, la demanda en cada unidad de tiempo es normalmente distribuido, y el tiempo de espera es

variable ($\sigma_i^2 > 0$), entonces en general la demanda durante el tiempo de espera no es distribuido normalmente. En este caso de tiempo de espera variable, por consiguiente, la relación entre el factor de nivel de seguridad, k , y las cantidades α y β , dado por la ecuación 2.7 y 2.8, puede no ser aproximaciones suficientemente cercanas.

2.11.3 Política (s, S): Estimación del Punto de Reorden y Nivel de Pedir-Hasta (S)

Política de reabastecimiento: Cada vez que la posición del inventario (artículo a mano más artículos del pedido) alcanza el punto de reorden, s , o inferior, un pedido es colocado por una cantidad suficiente para elevar la posición del inventario al nivel de pedir-hasta S . La figura 2.4 ilustra la política (s, S). Desafortunadamente, los parámetros S y s son difíciles para determinar analíticamente. Por tanto, la simulación es a menudo usada en la práctica.

Asumir:

- La demanda por artículo es una variable aleatoria con media y varianza fija.
- La demanda en incrementos separados de tiempo es independiente.
- El tiempo de espera(o sea, el tiempo de cuando un pedido para reabastecimiento es colocado hasta la llegada del reabastecimiento) es una variable aleatoria con media y varianza fija.
- Los tiempos de espera son independientes.

Sea

s = punto de reorden (número de artículos)

S = nivel pedir-hasta (número de artículos)

D = demanda promedio (número de artículos por unidad de tiempo)

σ_b^2 = varianza de la demanda (artículo² por unidad de tiempo)

L = tiempo de espera promedio (unidades de tiempo)

σ_l^2 = varianza del tiempo de espera (unidades de tiempo²)

k = factor nivel de servicio

A = costo de ordenar un pedido (\$ por pedido)

H = costo de mantener en inventario un artículo (\$ por artículo por unidad de tiempo)

La varianza de la demanda, σ_b^2 , es definido por una demanda en una unidad de tiempo. Desde que la demanda en cada unida de tiempo son asumidos a ser independientes, la varianza de la demanda en un tiempo fijo de t unidades es σ_{bt}^2 .

El punto de reorden, s , y el nivel de pedir-hasta, S , en la política (s, S) son dados aproximadamente por

$$s = DL + k\sqrt{L\sigma_b^2 + D^2\sigma_l^2} \quad (2.11)$$

$$S = s + Q \quad (2.12)$$

donde

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad (2.13)$$

El punto de reorden s , dado por la ecuación 2.11, es el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de espera. Esta expresión para s está basado en el resultado que la demanda durante el tiempo de espera tiene una media, DL , y una desviación estándar, $\sqrt{L\sigma_D^2 + D^2\sigma_L^2}$.

El factor nivel de servicio k , dado por la ecuación 2.4, es una constante adimensional que representa el número de desviación estándar de la demanda más allá de la media, DL , necesario para lograr un nivel de servicio dado (ver la política (s, Q) anterior).

El nivel pedir-hasta S , dado por la ecuación 2.12, es una estimación heurística basado simplemente en el punto de reorden más el EOQ.

2.11.4 Política (T, S) : Estimación del Periodo de Revisión (T) y Nivel Pedir-Hasta (S)

Política de reabastecimiento: La posición del inventario (artículos a mano más artículos del pedido) es revisado en instancias regulares, espaciadas en intervalos de tiempo de longitud T . En cada revisión, un pedido es colocado

por una cantidad suficiente para elevar la posición del inventario del nivel pedir-hasta S . La figura 2.3 ilustra la política (T, S) .

Asumir:

- La demanda de artículos es una variable aleatoria con media y varianza fija.
- La demanda en incrementos separados de tiempo es independiente.
- El tiempo espera (o sea, el tiempo cuando un pedido para reabastecimiento es colocado hasta la llegada del reabastecimiento) es una variable aleatoria con media y varianza fija.
- Los tiempos de espera son independientes.
- La revisión periódica (o sea, el intervalo de tiempo entre revisiones) es una constante.

Sea

T = periodo de revisión (unidades de tiempo)

S = nivel pedir-hasta (número de artículos)

D = demanda promedio (número de artículos por unidad de tiempo)

σ_b^2 = varianza de la demanda (artículo² por unidad de tiempo)

L = tiempo de espera promedio (unidades de tiempo)

σ_l^2 = varianza del tiempo de espera (unidades de tiempo²)

k = factor nivel de servicio

A = costo de ordenar un pedido (\$ por pedido)

H = costo de mantener en inventario un artículo (\$ por artículo por unidad de tiempo)

El costo de ordenar un pedido, A , en esta política incluye el costo, si alguna, de revisiones de la posición del inventario en cada periodo de revisión. La varianza de la demanda, σ_D^2 , es definido para una demanda en una unidad de tiempo. Puesto que la demanda en cada unidad de tiempo son asumidos a ser independiente, la varianza de la demanda en un tiempo fijo de t unidades es σ_{Dt}^2 .

El periodo de revisión, T , el nivel de pedir-hasta S , en la política (T, S) son dados aproximadamente por

$$T = \sqrt{\frac{2A}{DH}} \quad (2.14)$$

$$S = D(L + T) + k\sqrt{(L + T)\sigma_D^2 + D^2\sigma_L^2} \quad (2.15)$$

En el caso especial de tiempos de espera fijos, $\sigma_L^2 = 0$ y la ecuación 2.15 para el nivel de pedir-hasta S se reduce a

$$S = D(L + T) + k\sigma_D\sqrt{(L + T)} \quad (2.16)$$

El periodo de revisión T , dado por la ecuación 2.14, es determinado del EOQ. Para un EOQ dado denotado por Q , el tiempo óptimo entre reabastecimiento

sucesivo es Q/D . Esto provee el estimado para T . En la práctica, el periodo de revisión T , puede ser redondeado al número entero de días o semana, o conjunto de algún otro intervalo de tiempo conveniente.

El nivel pedir-hasta S , dado por la ecuación 2.15, es el inventario necesario para asegurar un nivel de servicio dado (o sea, una probabilidad que la demanda es cumplida). El primer término, $D(L+T)$, es el inventario necesario para cumplir con la demanda en promedio. El segundo término, $k\sqrt{(L+T)\sigma_D^2 + D^2\sigma_L^2}$, es el inventario adicional (o sea, el stock de seguridad) necesario para evitar ruptura de stock debido a la variabilidad aleatoria en la demanda en el tiempo de espera.

Los pedidos de reabastecimiento en la política (T, S) son colocada cada T unidades de tiempo, como muestra la figura 2.3. Después que un pedido es colocado, toma l unidades de tiempo para la llegada del reabastecimiento, donde l es una variable aleatoria (el tiempo de espera). Así, el tiempo de cuando un pedido para reabastecimiento es colocado hasta la subsecuente llegada del reabastecimiento (o sea, el tiempo de ordenar reabastecimiento, i , a la llegada del reabastecimiento $i+1$) es $l+T$. Para evitar una escasez, por consiguiente, el inventario en la política (T, S) debe ser suficiente para cumplir con la demanda durante el tiempo de espera más el periodo de revisión (en vez de solo el tiempo de espera, como en la política (S, Q)). La demanda durante el tiempo de espera más el periodo de revisión tiene media $D(L+T)$ y

una desviación estándar $k\sqrt{(L + T)\sigma_b^2 + D^2\sigma_t^2}$.

El factor nivel de servicio, k , en la ecuación 2.15 es una constante adimensional que representa el número de desviaciones estándar más allá de la media necesaria para asegurar un nivel de servicio dado (ver política (s, Q) anterior).

2.11.5 Política (T, s, S) : Estimación del Periodo de Revisión (T) , Punto de Reorden (s) y Nivel Pedir-Hasta (S)

Política de reabastecimiento: La posición del inventario (artículos a mano más artículos del pedido) es revisado en instancias regulares, espaciadas en intervalos de tiempo de longitud T . En cada revisión, si la posición del inventario está en el punto de reorden, s , o inferior, un pedido es colocado por una cantidad suficiente para elevar la posición del inventario al nivel pedir-hasta S ; si la posición del inventario está arriba del punto de reorden, s , el pedido no es colocado. La figura 2.4 ilustra la política (T, s, S) . Esta política es además conocida como *política de revisión periódica* (s, S) .

Asumir:

- La demanda por artículos es una variable aleatoria con media y varianza fija.

Las demandas en instancias separadas de tiempo son independientes.

- El tiempo de espera (o sea, el tiempo cuando se coloca un pedido para reabastecimiento es colocado hasta el arribo del reabastecimiento) es una variable aleatoria con media y varianza fija.
- Los tiempos de espera son independientes.
- El periodo de revisión (o sea, el intervalo de tiempo entre revisiones) es una constante.

Sea

T = periodo de revisión (unidades de tiempo)

P = unto de reorden (número de artículos)

S = nivel pedir–hasta (número de artículos)

D = demanda promedio (número de artículos por unidad de tiempo)

σ_b^2 = varianza de la demanda (artículo² por unidad de tiempo)

L = tiempo de espera promedio (unidades de tiempo)

σ_i^2 = varianza del tiempo de espera (unidades de tiempo²)

k = factor nivel de servicio

A = costo de ordenar un pedido (\$ por pedido)

H = costo de mantener en inventario un artículo (\$ por artículo por unidad de tiempo)

El costo de ordenar un pedido, A , en esta política incluye el costo, si algún, de la revisión de la posición del inventario en cada periodo de revisión. La varianza de la demanda, σ_b^2 , es definido por una demanda en una unidad de

tiempo. Puesto que la demanda en cada unidad de tiempo son asumidos a ser independiente, la varianza de la demanda es un tiempo fijo de t unidades es σ_{Dt}^2 .

La optimización conjunta de los tres parámetros (T , s y S) en esta política conlleva a matemáticas complicadas. Aproximaciones heurísticas simples son presentadas aquí.

El periodo de revisión T , punto de reorden s , y nivel pedir–hasta S en la política (T , s , S) son dados aproximadamente por

$$T = \sqrt{\frac{2A}{DH}} \quad (2.17)$$

$$s = D(L + T) + k\sqrt{(L + T)\sigma_b^2 + D^2\sigma_i^2} \quad (2.18)$$

$$S = s + Q \quad (2.19)$$

donde

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{H}} \quad (2.20)$$

En el caso especial de tiempo de espera fijo, $\sigma_L^2 = 0$ y la ecuación 2.18 para el punto de reorden s se reduce a

$$s = D(L + T) + k\sigma_b\sqrt{(L + T)} \quad (2.21)$$

El periodo de revisión T , dado por la ecuación 2.17, es la misma que para la política (T, S) (o sea, es obtenido de $T=Q/D$). En la práctica, T puede ser redondeado al número entero de días o semanas, o conjunto de algún otro intervalo de tiempo conveniente. La cantidad Q , dado por la ecuación 2.20, es el EOQ.

El punto de reorden s , dado por la ecuación 2.18, es el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de espera más el periodo de revisión. Esta expresión para s está basada en el resultado que la demanda durante el tiempo de espera más el periodo de revisión tiene media $D(L+T)$ y una desviación estándar $\sqrt{(L + T)\sigma_b^2 + D^2\sigma_L^2}$.

El nivel pedir-hasta S , dado por la ecuación 2.19, es el punto de reorden más la cantidad económica de pedido (EOQ), como en la política (s, S) para un sistema de revisión continua.

El factor nivel de servicio, k , en la ecuación 2.18 es una constante adimensional que representa el número de desviaciones estándar de la demanda del tiempo de espera más allá de la media necesaria para lograr un nivel de servicio dado (ver política (s, Q) anterior).

2.12 MÉTRICAS PARA EL NIVEL DE SERVICIO

En esta sección nos enfocaremos sobre la disponibilidad del producto que es una métrica relevante para el servicio y es el que más directamente impacta por el pronóstico y políticas de administración de inventario.

Así definamos métricas para medir la disponibilidad de productos para capturar el servicio que estamos obteniendo de nuestros proveedores y estamos entregando a nuestros clientes.

Iniciamos del caso de un solo producto/almacén en un entorno estático (distribución de la demanda estacionaria, e inventario estable) para claramente mostrar la lógica tras la métrica del nivel de servicio. Los conceptos discutidos en este preferente caso simple todavía se mantienen en situaciones más complejas, sin embargo serán adaptadas apropiadamente. En este contexto preferente simplista podemos diseñar dos métricas del nivel de servicio que refleje los dos posibles costos de la ruptura de stock.

Nivel de Servicio Tipo I. Cuando el costo administrado es la ocurrencia de una ruptura de stock, en vez de su tamaño, la frecuencia de una ruptura de stock en una línea de tiempo dado (por ejemplo, frecuencia de una ruptura de stock en una semana) puede ser una métrica relevante del nivel de servicio. Para medir nivel de servicio previsto calculamos la probabilidad de una

ruptura de stock dentro de una línea de tiempo (por decir una semana). Por ejemplo, asumamos que la demanda para un periódico en un quiosco sigue una distribución de probabilidad $f(x)$. Si el vendedor compra N unidades del producto, él puede ofrecer a sus clientes un nivel de servicio tipo I (SL_I) igual a

$$SL_I = \sum_{x=0}^N f(x) \quad (2.22)$$

en caso de distribución discreta, y

$$SL_I = \int_0^N f(x) dx \quad (2.23)$$

en caso de distribución continua cuyo soporte es \mathcal{R}^+ .

Nivel de Servicio tipo II. Cuando el tamaño de la ruptura de stock es un asunto relevante, diseñamos una segunda métrica para el nivel de servicio que compara la demanda actualmente cumplida con la demanda potencial completa. De esta manera expresamos tal métrica que necesitamos para ser capaz para medir la demanda que no fue inmediatamente cumplida. En otras industrias, tales como venta al menudeo de cemento y ladrillo, el cliente que no puede encontrar el artículo que él está buscando emigra de la tienda y es muy probable no tener información acerca del artículo(s) que él podría haber comprado si estuviera disponible (la información no es dejado en el

sistema IT y muy a menudo la información no es dado a personal de ventas en entornos de autoservicio tales como la mayoría de supermercados). En este caso también, tenemos para estimar el nivel de servicio previsto en vez de medir solo realizado.

El esperado nivel de servicio tipo II es.

$$SL_{II} = \frac{\sum_{x=0}^N x \cdot f(x) + \sum_{x=N+1}^{+\infty} N \cdot f(x)}{\sum_{x=0}^N x \cdot f(x)} = \frac{E[x] - \sum_{x=N+1}^{+\infty} (x - N) \cdot f(x)}{E[x]} \quad (2.24)$$

en el caso de distribución discreta de la demanda;

$$SL_{II} = \frac{\int_0^N xf(x)dx + \int_N^{+\infty} Nf(x)dx}{\int_u^N xf(x)dx} = \frac{E[x] - \int_N^{+\infty} (x - N)f(x)dx}{E[x]} \quad (2.25)$$

en el caso de una demanda de distribución continua con soporte \mathfrak{R}^+ .

Claramente, estas definiciones muestran que estas dos métricas son muy diferentes y miden cosas muy diferentes. Nivel de servicio tipo I mide una probabilidad (de no ruptura de stock), mientras que el nivel de servicio tipo II es un ratio entre la demanda esperada a ser servida y la demanda que esperamos enfrentar. Así mientras el nivel de servicio tipo I mide el porcentaje de periodos durante el cual esperamos sin ruptura de stock, el segundo es un

porcentaje de la demanda que esperamos cumplir.

Hay varias métricas diferentes para el nivel de servicio y cuidadosamente investigaremos la definición de cualquier métrica de nivel de servicio para entender que medimos y donde puede ser comparado a través de las compañías, unidades de negocios regiones o productos. En particular el nivel de servicio tipo I mide la probabilidad de una ruptura de stock sobre un periodo dado de tiempo, mientras el nivel de servicio tipo II mide el porcentaje de la demanda cumplida del stock.

Además, estas definiciones nos dan una elección para mostrar cómo podemos “trasladar” ecuaciones del caso continuo al discreto y viceversa.

2.13 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE UN MODELO DE INVENTARIO (S, S)

Considerando el siguiente estándar de problema de inventario de locación simple, revisión periódica. En el inicio de cada periodo, el administrador de inventario decide ya sea o no pedir de un proveedor externo, y si decide, cuánto pedir. El proveedor externo es perfectamente confiable, y cada pedido arriba después de un tiempo de espera constante. La demanda aleatoria ocurre a lo largo del periodo, y la demanda insatisfecha son completamente órdenes pendientes. La demanda en diferentes periodos son asumido a ser

distribuido independiente e idéntica. Cada pedido incurre un costo fijo, y costo de mantener inventario y órdenes pendientes son asumidos al final de cada periodo. El horizonte de planificación es infinito, y el objetivo es minimizar el costo promedio del sistema a largo plazo.

Para el problema de inventario anterior, es bien conocido que la política (s, S) es óptima. Una política (s, S) opera como sigue: si la posición del inventario (pedido pendiente + inventario disponible – pedidos pendientes) desciende a o inferior del punto de reorden s , colocamos un pedido a fin de incrementar la posición del inventario a S .

Esta sección reporta algunos descubrimientos preliminares de un gran esfuerzo de investigación para estudiar cómo la sensibilidad del desempeño del modelo (s, S) es para la elección de sus parámetros de control. Para ser más específico, sea $C(s, D)$ el costo promedio a largo plazo asociado con una política (s, S) , donde $D = S - s$. Sea $C(D)$ el valor de $C(s, D)$ cuándo el óptimo s para el correspondiente D es usado, y D^* el punto mínimo de $C(D)$. El resultado principal es que si la demanda es una variable aleatoria, entonces

$$\frac{C(\alpha D^*)}{C(D^*)} \leq \frac{1}{2} \left(\alpha + \frac{1}{\alpha} \right), \forall \alpha > 0 \quad (2.26)$$

Este resultado sugiere que el desempeño del modelo (s, S) es bastante insensible a la elección de D . Por ejemplo, si nos desviamos del óptimo D^* y

usamos $D = \sqrt{2} D^* \approx 1.41D^*$ en lugar de eso, o sea, un 41% de incremento en D , el costo resultante relativo incrementa en no más que 6%.

El resultado anterior es, para nuestro conocimiento, el primer resultado analítico en la sensibilidad del modelo (s, S) , aunque no hay evidencia empírica del asunto en la literatura. Por ejemplo, uno de los ejemplos numéricos proveído en Veinott and Wagner (1965)¹ tiene $D^* = 79$, mientras fija $D = 21$ solo conlleva a un 0.2% de incremento en el costo. Note que para el modelo EOQ, la desigualdad en 2.33 se convierte en una igualdad (con D remplazado por la cantidad de pedido). Hadley and Whitin (1963)², sugieren que el modelo estocástico tiende a ser más insensible que su contraparte determinístico.

2.14 TÉCNICAS DE SIMULACIÓN APLICADAS A LA GESTIÓN DE STOCKS

2.14.1 La simulación: Posibles Aplicaciones

La simulación se ha definido como una representación de la realidad mediante el empleo de un modelo que, bajo una serie de condiciones dadas, reaccionará del mismo modo que la realidad.

1 Computing Optimal (s, S) Inventory Policies. Management Science
2 Analysis of Inventory Systems, Prentice Hall

Simular consiste en reproducir fenómenos reales mediante fenómenos artificiales parecidos.

La simulación es esencialmente una analogía: similitud de relaciones o propiedades sin que haya identidad.

La simulación nos permite prever qué va a ocurrir en un futuro, bajo el supuesto de una serie de condiciones dadas. También hace posible el estudio de los diferentes resultados que se obtendrían al cambiar alguna o algunas de las condiciones, es decir, podemos conocer con bastante exactitud, y antes de que ocurran, los distintos resultados que se van a producir al cambiar determinadas variables o parámetros condicionantes de la realidad.

Los modelos de simulación se refieren a casos concretos mientras que los demás modelos utilizados en Economía son más generales, son modelos-tipo.

2.14.2 Ventajas e Inconvenientes de las Técnicas de Simulación

La simulación es útil pues:

1. A veces es imposible estudiar el sistema real porque faltan datos que no se pueden conseguir. Otras veces, aunque dispongamos de la información

suficiente, sería, no obstante, muy costoso y arriesgado trabajar con ella.

2. Nos permite experimentar los resultados que se obtendrían al cambiar una determinada situación o cualquier variable del sistema. A la hora de una ampliación de equipo o instalación de nueva maquinaria en una empresa, el poder prever problemas es fundamental. Mediante la simulación se ponen de manifiesto posibles soluciones que podrían pasar desapercibidas.

Entre las limitaciones de la simulación, podemos citar que:

1. No produce soluciones óptimas, y cada proceso de simulación es como un experimento aislado que se efectúa bajo unas condiciones dadas, por ello se necesitarán cierto número de procesos de simulación para encontrar los valores óptimos; esto puede exigir mucho tiempo y trabajo.
2. Como la simulación suele ser de más fácil aplicación que de cualquier modelo complicado de Investigación Operativa (I.O.), se puede correr el peligro de recurrir a ella, en lugar de emplear otro modelo que sería más eficiente.
3. También pueden existir dificultades en la incorporación de todas las variables que pertenecen al sistema y, si no se incorporan, la simulación no se acercará todo lo posible a los datos de la realidad.

La simulación a través de los ordenadores permite conocer los resultados de varios años o periodos en unos cuantos minutos. Se pueden hacer estudios

de simulación que manualmente sería totalmente imposible llevarlos a cabo.

2.14.3 El Método Monte Carlo

Fue el primer método que se empleó en la simulación. Se aplicó por primera vez en el laboratorio científico de los Álamos durante la Segunda Guerra Mundial por los matemáticos Von Neumann y Ulam, para prever el comportamiento de los neutrones. Después se ha aplicado en I.O. Este método es en realidad el estudio de las leyes del azar. Consiste, en definitiva, en un muestreo artificial o simulado.

En economía se presentan muchas situaciones en las que es conveniente utilizar algún modelo de muestreo; sin embargo, con cierta frecuencia, la muestra no puede obtenerse, como hemos visto anteriormente, por resultar físicamente imposible o excesivamente costosa. En tales casos, la única solución es recurrir al muestreo artificial o simulado.

Este tipo de muestreo se pone en práctica reemplazando el universo teórico convenientemente descrito, por la ley de probabilidad que se supone conocida o aproximada. Después se extrae una muestra de la población teórica mediante una tabla de números aleatorios.

El método de Monte Carlo es una simulación con técnica de muestreo, o sea, que, en vez de obtener muestras de una población real, se obtienen de un

duplicado teórico de ésta, al que se le asignan valores de acuerdo con la probabilidad de los valores reales de la variable. En efecto, se usa una serie de números aleatorios para generar una serie de valores que tengan las mismas características de distribución de la experiencia real que se requiere simular.

El método Monte Carlo puede emplearse para resolver varios problemas diferentes:

1. Problemas estocásticos.
2. Problemas matemáticos determinísticos.

Para resolver los primeros nos basamos en distribuciones de probabilidad.

Para los segundos, podemos obtener soluciones aproximadas simulando un proceso estocástico cuya función de distribución acumulada satisfaga los requerimientos de la solución del problema determinístico.

Toda simulación se basa en una representación matemática de la situación real. La simulación proporciona soluciones a la dirección en lugar de resolver prácticamente los problemas. Ofrece un método mediante el cual se pueden probar los planes antes de llevarlos a cabo. Responde a la pregunta: ¿qué pasaría si...? Pone de manifiesto los puntos débiles del negocio en la estructura de la empresa.

2.14.4 Aplicaciones de la Simulación a la Gestión de Stocks

La simulación es un método que se ha utilizado con mucha eficacia en varias fases de la gestión de Stocks, tales como en el establecimiento de puntos de renovación de pedidos, determinación del consumo durante el periodo de reposición, en modelos de programas de producción y de inventarios, en un sistema combinado ente sí, etc.

La simulación permite determinar cuál de entre varias alternativas puede llegar a tener utilidad práctica ante un problema de control de existencias.

CAPÍTULO III

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un mercado cada vez más competitivo y globalizado, y una demanda de productos de buena calidad a bajos precios son factores que obligan a adoptar medidas de carácter económico y administrativas que permitan optimizar sus procesos administrativos y productivos con el propósito de lograr objetivos con la mayor eficiencia posible y, de esta forma, crecer dentro de su actividad económica. Los inventarios suministran un nivel de disponibilidad del producto que, cuando se localiza cerca del cliente, puede satisfacer altas expectativas del cliente por la disponibilidad del producto.

El inventario es la parte del activo que posee cualquier empresa destinado para la transformación y posterior venta. Adicionalmente, mantener y manejar un inventario implica una serie de gastos de operación tales como: personal, seguros, manejo, almacenaje, pagos de impuesto y costos financieros

ocasionados por mantener una gran capital con lenta rotación. A esto, puede unírsele el costo ocasionado por el deterioro en el almacenaje, así como el de los reclamos y devoluciones de los clientes, entre otros.

Los inventarios son más susceptible a manipulaciones, por lo que un inadecuado almacenamiento por niveles de existencia en exceso puede traer como consecuencia, deterioro de la mercancía por excesiva manipulación, deterioro de la mercancía por aplastamiento debido a un almacenamiento compacto, pérdidas no justificadas en los mismos o atraso en las operaciones normales de la organización. Razón por la cual requieren de una atención muy especial, ya que de su buena y sana administración depende en gran medida el éxito de cualquier empresa.

Por consiguiente, se hace necesario llevar a cabo el presente informe de suficiencia para desarrollar y proponer un modelo de control de inventario para reducir costos de almacenamiento aplicando una política de inventario de tipo (s, S) aplicando la simulación Monte Carlo para encontrar los parámetros de la política de inventario que optimiza el costo total de inventario, o un rediseño de la distribución física del almacén que necesitara modificación en la infraestructura del almacén. En la figura 3.1 se muestra los efectos del problema concreto

Por lo tanto el problema concretos es: *“Exceso de nivel de existencias, por lo*



FIGURA 3.1 Diagrama Causa-Efecto para el problema planteado "Exceso de inventario".

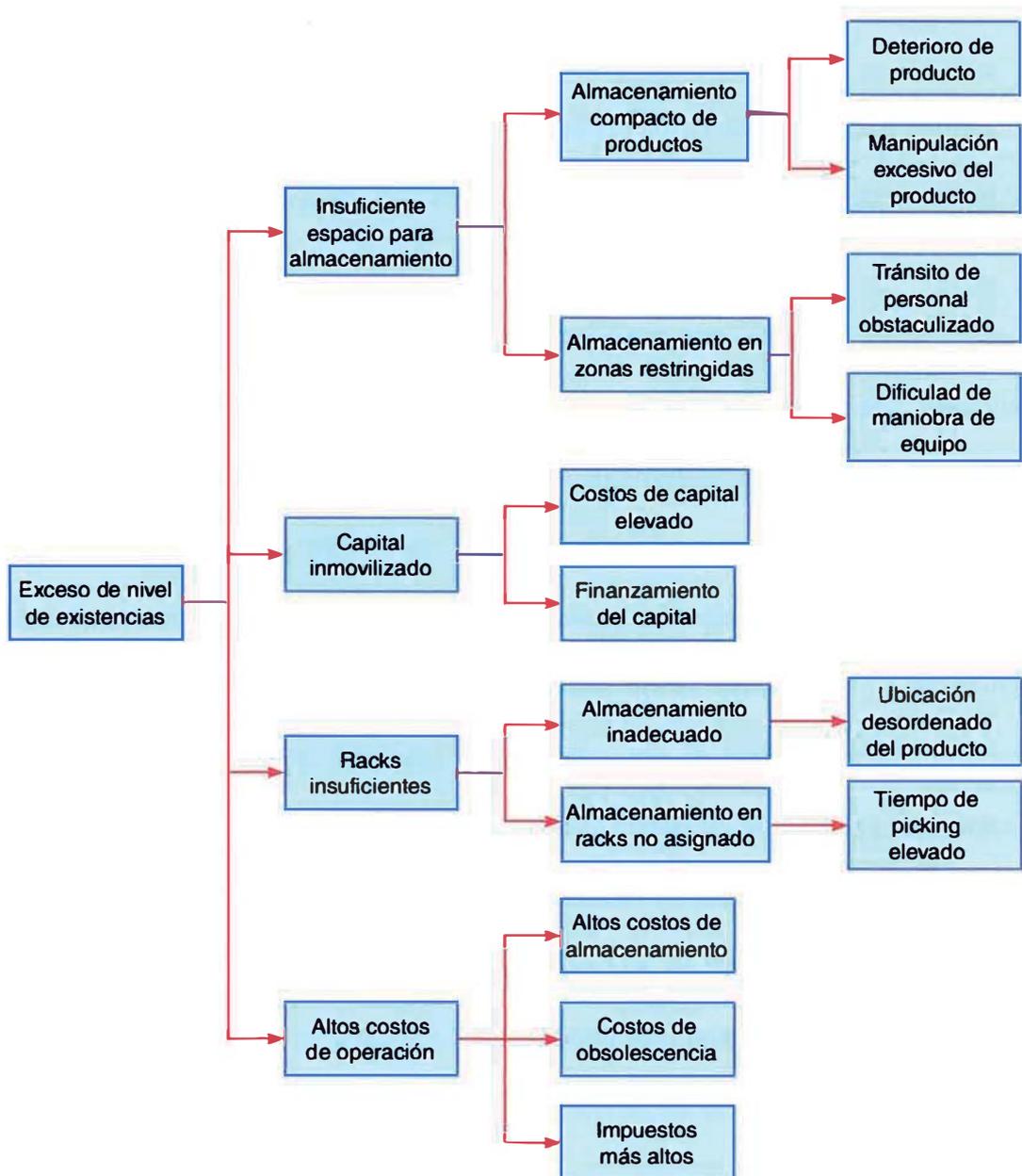


FIGURA 3.2 Árbol de efectos del problema planteado

tanto generación de costos por almacenaje excesivo”.

3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Planteado el problema, para revertir esta situación y eliminar esta situación existente se plantea dos alternativas de solución que se detallan a continuación.

Alternativa 1: Diseño de un nuevo layout para almacén

Esta alternativa de solución elimina el problema raíz, pero tiene algunos aspectos a considerar. Para aplicar esta alternativa de solución tenemos primero que buscar empresas especializadas en el tema para solicitar presupuestos y algunos modelos o propuestas de layout, esto podría tomar días incluso semanas, ya que se tiene que poner en contacto con cierta cantidad de empresas. Una vez contactadas las empresas estas, tomarán un tiempo en desarrollar su propuesta para el nuevo layout para el almacén, que posteriormente harán llegar a la empresa. Cuando se tenga todas las propuestas el siguiente paso es decidir por cual decidir. Desde el momento en que se contacta a la empresa para realizar el nuevo layout del almacén, hasta que se tenga las propuestas, y finalmente se decida por una de ellas, habrá pasado cierta cantidad de tiempo que pueden ser semanas, y por último el más importante la aprobación para dar inicio a la implementación de la alternativa de layout podría hacer demorar más la aplicación de la alternativa de solución, ya que una cosa es elegir y otra es darle paso a que se implemente.

Esta alternativa de solución de un nuevo layout para almacén puede ser una solución a implementar a largo plazo.

Alternativa 2: Reducción de Costos Totales de Inventario Aplicando una Política de Control de Inventario de Tipo (s, S)

En esta alternativa de solución se desarrolla una política de inventario estocástico mediante simulación Monte Carlo, en dicha alternativa se busca los valores de los parámetros de la política de inventario que optimiza los costos totales de inventario (minimiza), esto se logra haciendo un pedido de cantidad óptimo de tal manera que se reduce los costos que se incurren en inventario.

3.3 METODOLOGIA DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

3.3.1 Factores de Selección

1. Tiempo en desarrollar

En este factor consideramos dos aspectos para tener en cuenta en el momento de decidir qué solución elegir y posteriormente aplicar, por un lado tenemos el tiempo en desarrollar la solución planteada desde el momento que se decide que alternativa de solución es la elegida adecuado y el tiempo que tomara la implementación de dicha solución seleccionada.

La primera alternativa de solución de un nuevo diseño de layout, desde el momento que se decide aplicar esta solución tomara mucho tiempo hasta que se implemente el nuevo layout, debido a que tiene que pasar por una serie de etapas como: buscar propuestas, selección de la propuesta, y finalmente implementación, lo que tardaría la eliminación del problema.

Para la alternativa de solución de aplicar una política de inventario, el tiempo empleado en desarrollar e implementar será mucho menor al de la alternativa de un nuevo layout, sólo tomara el tiempo lo que demora en tener el nivel de inventario para aplicar esta solución.

Si la alternativa de solución elegida fuera de un nuevo layout el problema persistiría hasta el momento en que se decida la implementación, que podría ser meses, mientras que para la alternativa de solución de aplicar una política de inventario, el tiempo de implementación es casi inmediato, con el cual la situación problemática se eliminaría, reduciendo el tiempo de problema en la organización.

2. Monto de Inversión

El factor costo es tal vez el factor más importante entre los factores seleccionados para evaluar las soluciones, porque la empresa tendrá que buscar la manera de cómo financiar cualquiera de las soluciones planteadas.

En el caso de la alternativa de solución de un nuevo layout, el costo será considerable, teniendo en cuenta en la modificación que se haría a la infraestructura existente, y los nuevos equipos adecuados para el nuevo layout que se utilizaría para la manipulación de la mercancía.

La alternativa de solución de aplicar e implementar una política de inventario la empresa no incurrirá en costo considerable.

3. Riesgo de Desabastecimiento

Este factor de decisión se refiere a cuál de las alternativas de solución tiene mayor probabilidad de ocurrencia de un desabastecimiento, un número elevado de desabastecimiento provocara perdida de ventas o en mejor de los

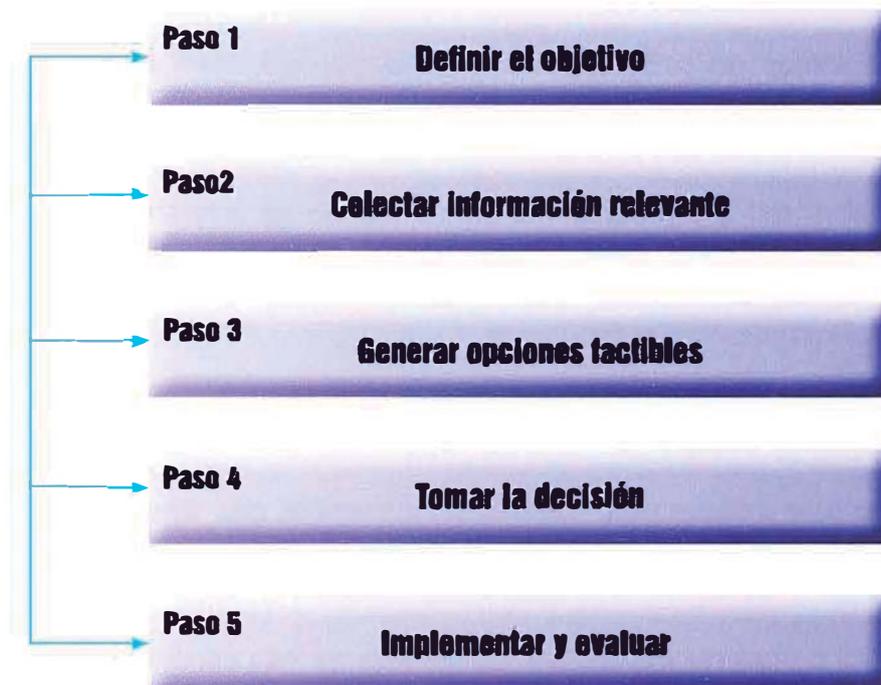


FIGURA 3.3 El método clásico para la toma de decisiones

casos ventas pendientes por entregar, esto es sin lugar a duda una situación no deseada. Esto está relacionado con cantidad de inventario disponible para atender la demanda.

4. Facilidad de ejecución

La facilidad de desarrollar la alternativa se refiere a la dificultad que podría presentarse al desarrollar e implementar la alternativa de solución, los recursos necesarios para su desarrollo, las implicancias o efectos en otras áreas de la empresa.

3.4 TOMA DE DECISIÓN

En la toma de decisiones hay un método clásico de cinco pasos (figura 3.3) que deberíamos encontrar sumamente servicial. Eso no quiere decir que debiéramos seguir ciegamente en todas las situaciones. Es una secuencia medianamente natural de pensamiento, sin embargo, y tan incluso sin la estructura formal usted tendería a seguir esta ruta relacionada con la mente.

En nuestro caso tenemos:

Paso 1: Seleccionar una alternativa de solución para nuestra problemática.

Paso 2: La información relevante son los factores de selección

Paso 3: Las opciones son: un modelo de control de inventario o un rediseño de la distribución física del almacén.



FIGURA 3.4 Estructura del problema para la toma de decisión

Paso 4: Para tomar la decisión de seleccionar una de las alternativas de solución utilizaremos el método AHP.

Paso 5: Posteriormente implementaremos la solución elegida.

Para evaluar cual de nuestras alternativas de solución es elegida, primero se requiere ponderar los factores, que previamente fueron descritas, para posteriormente valorar las alternativas de solución, dicho ponderación de

Factores	1. Tiempo en desarrollar	2. Monto de Inversión	3. Riesgo de stockout	4. Facilidad de ejecución	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4}$	Factores Ponderados
1. Tiempo en desarrollar	1.000	5.00	0.333	4.000	1.461	0.332
2. Monto de Inversión	0.200	1.000	4.000	5.000	1.320	0.300
3. Riesgo de stockout	3.000	0.250	1.000	3.000	1.176	0.267
4. Facilidad de ejecución	0.250	0.200	0.333	1.000	0.441	0.100
Total					4.398	1.000

TABLA 3.1 Ponderación de factores de selección

Factores		Diseño de un Nuevo Layout		Implementación de una Política de Inventario	
Nombre	Ponderación	Valoración	Puntuación	Valoración	Puntuación
Tiempo de desarrollo	0.332	1	0.332	5	1.662
Nivel de inversión	0.300	1	0.300	4	1.200
Riesgo de stockout	0.267	5	1.337	2	0.535
Facilidad de ejecución	0.100	2	0.200	4	0.400
Total	1.000		2.170		3.797

TABLA 3.2 Valoración de alternativas de solución

factores se muestra en la tabla 3.1, ver apéndice D para detalles del método AHP. Para valorar nuestros factores se utiliza un escala de valoración como se muestra a continuación.

Muy Bajo	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
1	2	3	4	5

Utilizando esta escala de valoración de factores, se procede a valorar nuestras alternativas de solución, cuyo resultado se muestra en la tabla 3.2.

3.5 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ELEGIDA

La simulación estocástica es un modelado poderoso y una herramienta de desarrollo para analizar sistemas complejos modernos, porque en forma cerrada las soluciones analíticas generalmente no existen para tales problemas, este es el caso de los modelos de inventario estocásticos, donde la simulación es requerida para encontrar la variables de decisión.

Por las razones antes mencionadas se decide utilizar esta metodología para desarrollar nuestra alternativa de solución. Para ello requerimos de los costos de almacenamiento y de agotamiento que han sido determinados por el departamento de contabilidad en coordinación con el departamento de ventas.

Para desarrollar nuestra solución elegida elijeremos el producto con el mayor nivel de existencias en el almacén, que es la tempera (presentación en caja de 70 ml por 7 unidades), siendo el producto con uno de los índices de rotación más altos, por el mismo motivo que mantiene un elevado nivel de existencias del producto. En base a esta situación decidimos un modelo de control de inventario de revisión continua, para el desarrollo aplicaremos el modelo de control de inventario tipo (s, S) , como mencionamos en el capítulo II, es de la clase estocástica.

En base al análisis anterior y recopilando datos acerca de la demanda facilitado por el departamento de ventas acerca de las ventas diarias del producto tempera obtenemos el cuadro 3.3. En base a un línea de tiempo de 100 días determinamos la frecuencia relativa y frecuencia absoluta. Así en 13 de cada 100 días la demanda fue de 48 unidades, y así sucesivamente.

El jefe de almacén proporciono los datos de tiempos de aprovisionamiento, el tiempo de aprovisionamiento no puede determinarse con certeza, pero se

Demanda diaria	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
48	0.13	0.13
60	0.17	0.30
72	0.21	0.51
84	0.16	0.67
96	0.13	0.80
108	0.11	0.91
120	0.09	1.00

TABLA 3.3 Distribución de la demanda diaria del producto

sabe que puede variar entre 2-4 días y tiene una distribución de probabilidad discreta mostrada en la tabla 3.4. Según esta distribución 44% de las veces la recepción del pedido se realiza después de 3 días de realizar el pedido.

Para el desarrollo de nuestra solución, en el caso de la demanda, se genera números aleatorios (U_1), comprendidos entre 0 y 1 que se distribuyen según una distribución uniforme. Suponiendo que sale el número $U_1 = 0.628$. De la tabla 3.3 el número corresponde a la demanda de $D = 84$ y por tanto, la demanda simulada es de 84 unidades.

De la misma forma, procedemos a simular los días de aprovisionamiento repitiendo el procedimiento antes descrito de la demanda. Primero generamos

Tiempo de reabastecimiento	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
2	0.15	0.15
3	0.29	0.44
4	0.56	1.00

TABLA 3.4 Distribución de los días de aprovisionamiento.

números aleatorios (U2) con distribución uniforme. Por ejemplo si $U2 = 0.357$, de la tabla 3.4 se observa que 0.357 es mayor 0.15 y menor que 0.44 y por tanto el número de días de aprovisionamiento simulado es de 3 días.

Para simular el modelo tenemos que el costo de mantener inventario es S/. 0.45 por unidad por año, el costo de hacer un pedido es de S/. 4.68 por pedido y el costo de desabastecimiento o unidad no vendida es de S/. 0.95 por unidad. En el caso de costo de mantener en inventario por unidad, es calculado mediante el inventario promedio, es decir, al inicio de un día tenemos un inventario inicial (II) y al final del día un inventario final (IF), el costo es calculado mediante la ecuación:

$$\text{Costo de mantener inventario} = 0.5 \cdot (II + IF) \cdot \text{Costo de mantener inventario por unidad}$$

El costo total de inventario es calculado mediante la suma de los costos antes mencionados es decir:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{Total} \\ \text{Inventario} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{Mantener} \\ \text{Inventario} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{Hacer} \\ \text{Pedido} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{de} \\ \text{Desabastecimiento} \end{array} \right)$$

Se procede a calcular el costo promedio esperado para el periodo de simulación

$C_N = E\left(\frac{C_t}{N}\right)$ durante el periodo finito N. Cuando $N \rightarrow \infty$, se puede obtener la

medición de horizonte infinito del costo. Procedemos a optimizar el costo total de inventario simulando el modelo mostrado en la figura 3.5 para un periodo de 365000 veces, es decir para un periodo de 1000 años y nivel de servicio tipo I deseado de 0.99, sobre el plano (s, S) , donde $0 \leq s \leq 440$ y $0 \leq S \leq 984$, dichos puntos son obtenidos usando las fórmulas 2.11 para s y 2.12 para S . Usando el método de la fuerza bruta se obtiene el estimador óptimo de (s, S) por el siguiente procedimiento:

Paso 1: Simulamos el modelo para 365000 periodos, con nivel de inventario inicial de 984. Incrementamos cada vez tanto s y S en 50 y manteniendo la restricción $S > s$. Después de evaluar las combinaciones de (s, S) , se concluye que un estimador de (s, S) está restringido a $300 \leq s \leq 400$ y $550 \leq S \leq 650$.

Paso 2: Repetimos la simulación (365000 periodos) sobre esta área restringida: $300 \leq s \leq 400$ y $550 \leq S \leq 650$. Incrementamos tanto s y S esta vez en 10 ($\ll 50$) y manteniendo $S > s$. Después de evaluar el modelo, se logra un rango más restringido $330 \leq s \leq 350$ y $590 \leq S \leq 610$.

Paso 3: Considerando entradas de tipo entero, hay 441 ($=21 \times 21$) combinaciones para el área $330 \leq s \leq 350$ y $590 \leq S \leq 610$ usando 365000 periodos en la simulación.

Mediante esta optimización los valores obtenidos de s es 345 y S es 598, el correspondiente costo total promedio estimado fue de \$/. 114.8087 y el nivel de servicio tipo I obtenido fue de 0.9900. En la tabla 3.5 se muestra algunos

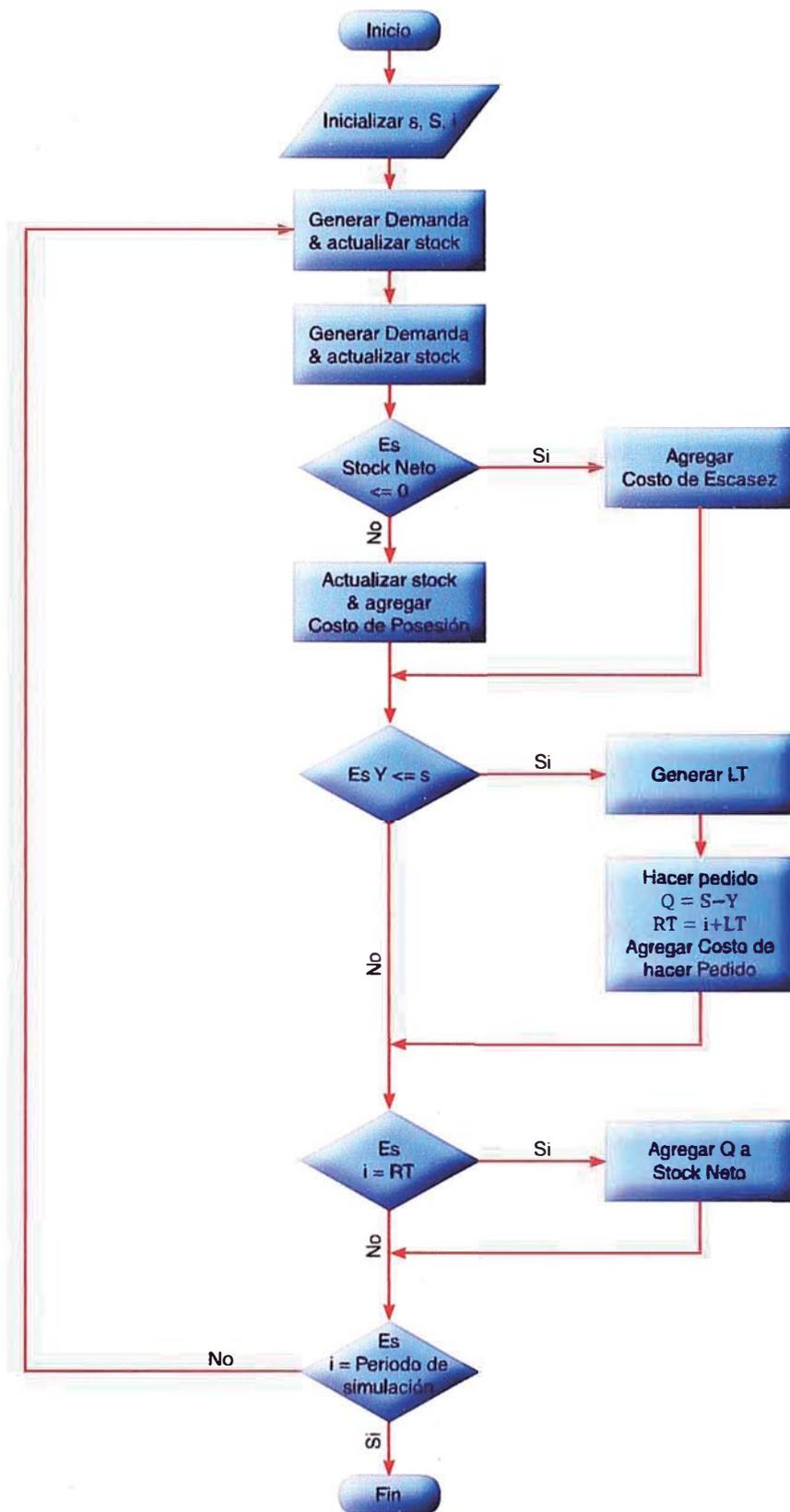


FIGURA 3.5 Diagrama lógico del modelo de simulación

Nº	s	S	Costo	Nivel de Servicio
1	346	595	114.8697	0.9901
2	345	596	115.3183	0.9902
3	348	597	115.5807	0.9904
4	345	598	114.8087	0.9900
5	339	599	115.1625	0.9903
6	342	600	115.5591	0.9905
7	347	601	115.9777	0.9908
8	338	602	115.2572	0.9900
9	335	603	115.5114	0.9902
10	339	604	115.7221	0.9905
11	336	605	116.2554	0.9909
12	342	606	116.4250	0.9910

TABLA 3.5 Estimadores de (s, S) con nivel de servicio entre 0.990 y 0.991 obtenido por método de la Fuerza Bruta

estimadores de (s, S) con la restricción de nivel de servicio tipo I de 0.99.

Una vez obtenido los parámetros mediante la optimización por simulación de muestra política de inventario procedemos a realizar una simulación del modelo con (s, S) = (345, 598), para un periodo de 365000 días donde los resultados fueron, $LS_t = 0.9902$, $LS_{tt} = 0.9923$, $CTI = 114.9739$, el costo promedio anual por desabastecimiento fue de S/. 271.656 que no es un monto muy significativo. En la tabla 3.6 y figura 3.6 se muestra los resultados parciales de la simulación.

Simulando el modelo con el punto de reorden actual, el resultado obtenido muestra que el costo total de inventario promedio estimado es de S/ 176.5, si bien se tiene un nivel de servicio de 1.0, el hecho de mantener un exceso

de inventario para cumplir la demanda está incurriendo en altos costos de operación.

	Modelo Planteado	Modelo Actual
Punto de reorden	345	432
Nivel máximo	598	780
Costo Total	114.80	176.5
Nivel de servicio	99%	100%

En el modelo propuesto nos indica un punto de reorden, donde el 99% de las veces cuando el cliente solicite un pedido solo el 1% no se contará con la cantidad necesaria para satisfacer su demanda.

Periodo	Inventario Inicial	Demanda	Inventario Final	Tiempo de Espera	Stockout	Costo Mantener Inventario	Costo de Hacer un Pedido	Costo de Stockout	Costo Total
1	598	108	490	0	0	244.8	0	0	244.8
2	490	108	382	0	0	196.2	0	0	196.2
3	382	48	334	7	0	161.1	4.68	0	165.78
4	334	84	250	0	0	131.4	0	0	131.4
5	250	48	202	0	0	101.7	0	0	101.7
6	202	60	142	0	0	77.4	0	0	77.4
7	406	84	322	11	0	163.8	4.68	0	168.48
8	322	120	202	0	0	117.9	0	0	117.9
9	202	60	142	0	0	77.4	0	0	77.4
10	142	120	22	0	0	36.9	0	0	36.9
11	298	120	178	15	0	107.1	4.68	0	111.78
12	178	108	70	0	0	55.8	0	0	55.8
13	70	60	10	0	0	18.0	0	0	18.0
14	10	72	0	0	62	2.25	0	58.9	61.15
15	420	120	300	19	0	162.0	4.68	0	166.68
16	300	120	180	0	0	108.0	0	0	108.0
17	180	84	96	0	0	62.1	0	0	62.1
18	96	48	48	0	0	32.4	0	0	32.4
19	346	108	238	23	0	131.4	4.68	0	136.08
20	238	96	142	0	0	85.5	0	0	85.5
21	142	96	46	0	0	42.3	0	0	42.3
22	46	96	0	0	50	10.35	0	475	5785
23	360	72	288	27	0	145.8	4.68	0	150.48
24	288	60	228	0	0	116.1	0	0	116.1
25	228	96	132	0	0	81.0	0	0	81.0
26	132	48	84	0	0	48.6	0	0	48.6
27	394	60	334	29	0	163.8	4.68	0	168.48
28	334	48	286	0	0	139.5	0	0	139.5
29	550	108	442	0	0	223.2	0	0	223.2
30	442	96	346	0	0	177.3	0	0	177.3
31	346	72	274	35	0	139.5	4.68	0	144.18
32	274	48	226	0	0	112.5	0	0	112.5
33	226	72	154	0	0	85.5	0	0	85.5
34	154	72	82	0	0	53.1	0	0	53.1
35	406	96	310	39	0	161.1	4.68	0	165.78
36	310	60	250	0	0	126.0	0	0	126.0
37	250	72	178	0	0	96.3	0	0	96.3
38	178	72	106	0	0	63.9	0	0	63.9
39	394	84	310	43	0	158.4	4.68	0	163.08
40	310	96	214	0	0	117.9	0	0	117.9
41	214	60	154	0	0	82.8	0	0	82.8
42	154	96	58	0	0	47.7	0	0	47.7
43	346	84	262	46	0	136.8	4.68	0	141.48

TABLA 3.6 Resultado parcial de simular el modelo con $(s, S) = (345, 598)$.

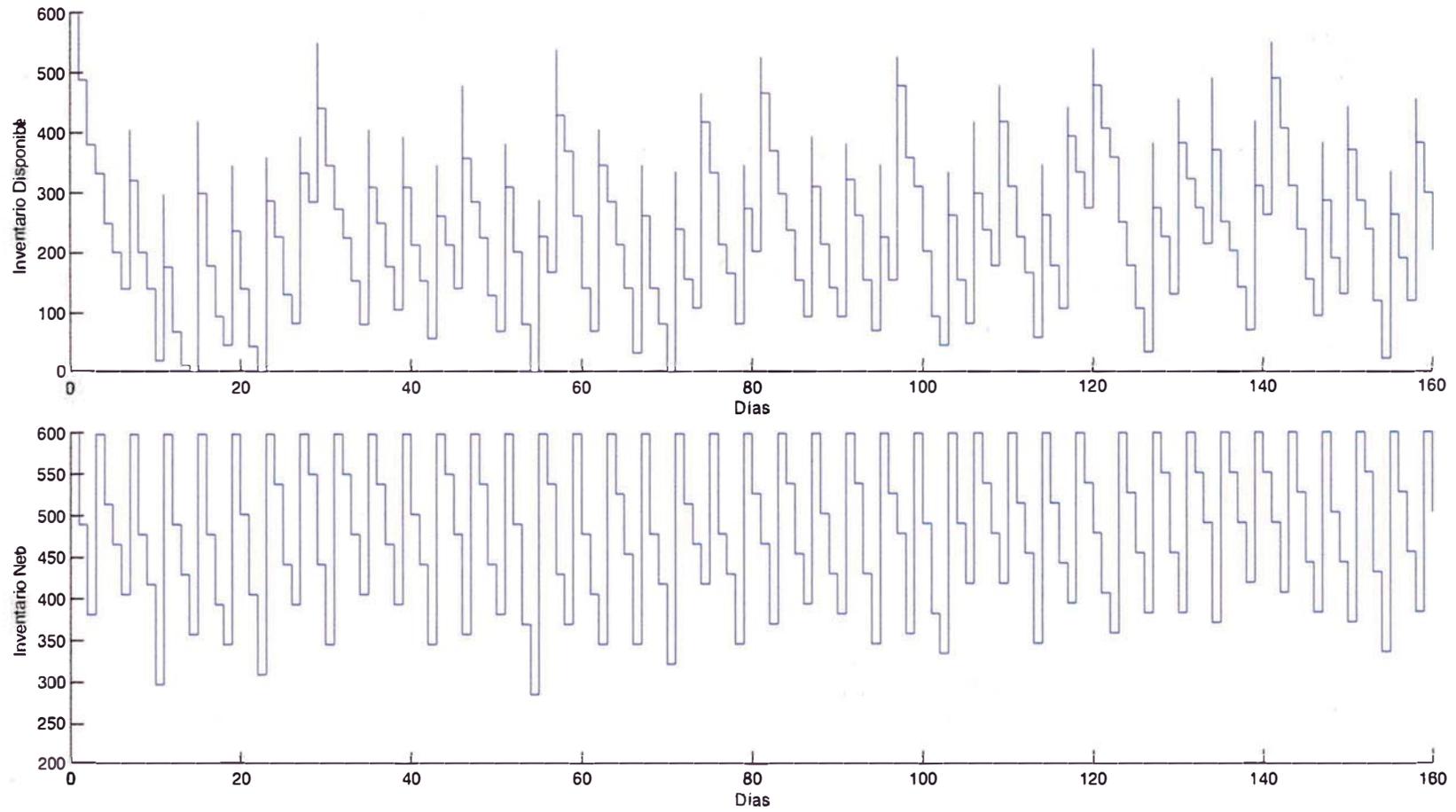


FIGURA 3.6 Gráfica de niveles de inventario del modelo de simulación con $(s, S) = (345, 598)$

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La empresa no aplica un modelo de control de inventario para productos terminados, por lo que no ha determinado los costos anuales de mantenimiento de inventario y de desabastecimiento.

Haciendo un análisis se llega a las siguientes conclusiones:

1. La implementación de un modelo de control de inventario es vital en una empresa porque permite reducir los costos totales de inventario y aumenta la competitividad de la empresa.
2. La elaboración de un modelo que se aproxima al comportamiento de la demanda para los productos nos permite determinar los costos de inventario en que se incurre, así como los costos mínimos que se pueda alcanzar.
3. El modelo planteado aplicado a la empresa ayudaría a reducir los costos

totales de inventario sin perjudicar el nivel de servicio.

4. Este mismo método puede ser aplicado a los otros productos de la empresa.
5. El objetivo del modelo de simulación y del procedimiento de optimización es encontrar el nivel de reorden óptimo s y el nivel de pedir hasta S que minimice el costo total de inventario.
6. En la práctica la implementación de un modelo de inventario no es tan simple, debido a la disponibilidad de información, así como los recursos necesarios.
7. Las variables de decisión, es decir s y S , no sufren cambio cuando el costo por mantener inventario unitario varía.
8. Los valores de los parámetros del modelo óptimos dependerán en mayor medida del nivel de servicio que se quiere brindar a los clientes.

4.2 RECOMENDACIONES

1. En este trabajo se empleó la simulación, utilizado en investigación de operaciones que nos permite manipular las variables de decisión, experimentar y sacar conclusiones acerca de la adecuación del modelo al problema planteado.
2. La aplicación de un modelo de control de inventario de tipo estocástico es más adaptable a la realidad que un modelo determinístico.
3. La simulación es una técnica que puede ser aplicada a modelos complejos o problemas de la gestión logística sin incurrir en costos elevados de

modelamiento.

4. Para una implementación exitosa se requiere de la colaboración de todas las áreas involucradas.
5. El modelo de simulación propuesto y el procedimiento de optimización no dependen del tipo de stock del artículo, este puede ser usado para probar otras configuraciones del modelo.
6. El tipo de modelo de inventario para la implementación dependerá de cuán importante es el producto, para ello es necesario primero realizar un análisis ABC para clasificar sus productos, los del grupo A deben tener un tratamiento especial, para este grupo es aconsejable un modelo de inventario de revisión continua.

BIBLIOGRAFÍA

Alan Rushton, Phil Croucher y Peter Baker “*The Handbook of Logistics and Distribution Management*”, Cuarta edición 2010.

Chun Hung Chen y Loo Hay Lee “*Stochastic Simulation Optimization*”, World Scientific 2011.

Dennis Blumenfeld “*Operations Research Calculations Handbook*”, Segunda edición 2009, CRC Press.

Dirk P. Kroese, Thomas Taimre y Zdravko I. Botev “*Handbook of Monte Carlo*”, Jhon Wiley & Sons, 2011.

Fangruo Chen “*Sensitivity Analysis of an (s, S) Model Inventory*”, Operations Research Letters, 1994.

F. Robert Jacobs y Richard B. Chase “*Operations and Supply Management: The Core*”, McGraw-Hill.

Gianpaolo Ghiani, Gilbert Laporte y Roberto Musamanno “*Introduction to Logistics Systems Planning and Control*”, Jhon Wiley & Sons 2004.

Jie Wan, and Jack P.C. Kleijnen “*Simulation for the Optimization of (s, S) Inventory System with Random Lead Times and a Service Level Constraint by Using Arena and OptQuest*”, 2006

Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman y Manoj K. Malhotra “*Administración de Operaciones: Procesos y cadenas de valor*”, Octava edición – 2008, Person Education.

Nolberto Munier, “*A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision-Making*” Springer 2011.

Parra Guerrero Francisca, “*Gestión de Stocks*”, tercera edición Esic Editorial 2005.

ACRÓNIMOS

EOQ	Economic Order Quantity
SL	Service Level
IT	Information Technology
CT	Costo Total
WACC	Weighted Average Cost of Capital
AHP	Analytic Hierarchy Process
IO	Investigación de Operaciones

APÉNDICE A: SIMULACIÓN DEL MODELO ACTUAL

Periodo	Inventario Inicial	Demanda	Inventario Final	Tiempo de Espera	Stockout	Costo Mantener Inventario	Costo de Hacer un Pedido	Costo de Stockout	Costo Total
1	780	96	684	0	0	329.4	0	0	329.4
2	684	108	576	0	0	283.5	0	0	283.5
3	576	60	516	0	0	245.7	0	0	245.7
4	516	72	444	0	0	216	0	0	216
5	444	60	384	7	0	186.3	4.68	0	190.98
6	384	48	336	0	0	162	0	0	162
7	732	48	684	0	0	318.6	0	0	318.6
8	684	48	636	0	0	297	0	0	297
9	636	120	516	0	0	259.2	0	0	259.2
10	516	72	444	0	0	216	0	0	216
11	444	108	336	15	0	175.5	4.68	0	180.18
12	336	108	228	0	0	126.9	0	0	126.9
13	228	84	144	0	0	83.7	0	0	83.7
14	144	60	84	0	0	51.3	0	0	51.3
15	528	108	420	19	0	213.3	4.68	0	217.98
16	420	96	324	0	0	167.4	0	0	167.4
17	324	108	216	0	0	121.5	0	0	121.5
18	216	72	144	0	0	81	0	0	81
19	504	72	432	0	0	210.6	0	0	210.6
20	432	72	360	23	0	178.2	4.68	0	182.88
21	360	108	252	0	0	137.7	0	0	137.7
22	252	72	180	0	0	97.2	0	0	97.2
23	600	84	516	0	0	251.1	0	0	251.1
24	516	108	408	26	0	207.9	4.68	0	212.58
25	408	96	312	0	0	162	0	0	162
26	684	48	636	0	0	297	0	0	297
27	636	72	564	0	0	270	0	0	270
28	564	72	492	0	0	237.6	0	0	237.6
29	492	60	432	0	0	207.9	0	0	207.9
30	432	84	348	34	0	175.5	4.68	0	180.18
31	348	60	288	0	0	143.1	0	0	143.1
32	288	72	216	0	0	113.4	0	0	113.4
33	216	60	156	0	0	83.7	0	0	83.7
34	588	60	528	0	0	251.1	0	0	251.1
35	528	48	480	0	0	226.8	0	0	226.8
36	480	96	384	40	0	194.4	4.68	0	199.08
37	384	84	300	0	0	153.9	0	0	153.9
38	300	48	252	0	0	124.2	0	0	124.2
39	252	84	168	0	0	94.5	0	0	94.5
40	564	96	468	0	0	232.2	0	0	232.2
41	468	48	420	45	0	199.8	4.68	0	204.48

TABLA A.1 Simulación del modelo actual con un punto de reorden de 432 y un nivel máximo de 780.

APÉNDICE B: SIMULACIÓN DE MODELOS OPCIONALES

Periodo	Inventario Inicial	Demanda	Inventario Final	Tiempo de Espera	Stockout
1	595	108	487	0	0
2	487	108	379	0	0
3	379	48	331	7	0
4	331	84	247	0	0
5	247	48	199	0	0
6	199	60	139	0	0
7	403	84	319	11	0
8	319	120	199	0	0
9	199	60	139	0	0
10	139	120	19	0	0
11	295	120	175	15	0
12	175	108	67	0	0
13	67	60	7	0	0
14	7	72	0	0	65
15	420	120	300	19	0
16	300	120	180	0	0
17	180	84	96	0	0
18	96	48	48	0	0
19	343	108	235	23	0
20	235	96	139	0	0
21	139	96	43	0	0
22	43	96	0	0	53
23	360	72	288	27	0
24	288	60	228	0	0
25	228	96	132	0	0
26	132	48	84	0	0
27	391	60	331	29	0
28	331	48	283	0	0
29	547	108	439	0	0
30	439	96	343	33	0
31	343	120	223	0	0
32	223	48	175	0	0
33	427	72	355	0	0
34	355	72	283	38	0
35	283	96	187	0	0
36	187	60	127	0	0
37	127	72	55	0	0
38	367	72	295	42	0
39	295	96	199	0	0
40	199	96	103	0	0
41	103	60	43	0	0

Punto de Reorden	346
Nivel Máximo	595
Costo Total Esperado Promedio	114.76
Nivel de Servicio Tipo I	0.9900
Nivel de Servicio Tipo II	0.9923

TABLA B.1
595.

Simulación del modelo con un punto de reorden de 346 y un nivel máximo de

Periodo	Inventario Inicial	Demanda	Inventario Final	Tiempo de Espera	Stockout		
1	602	84	518	0	0		
2	518	108	410	0	0		
3	410	96	314	5	0		
4	314	72	242	0	0		
5	530	60	470	0	0		
6	470	48	422	0	0		
7	422	108	314	11	0		
8	314	72	242	0	0		
9	242	60	182	0	0		
10	182	60	122	0	0		
11	410	84	326	14	0		
12	326	60	266	0	0	Punto de Reorden	338
13	266	96	170	0	0	Nivel Máximo	602
14	446	60	386	0	0	Costo Total Esperado Promedio	115.08
15	386	48	338	0	0	Nivel de Servicio Tipo I	0.9902
16	338	72	266	19	0	Nivel de Servicio Tipo II	0.9923
17	266	108	158	0	0		
18	158	84	74	0	0		
19	410	60	350	0	0		
20	350	96	254	24	0		
21	254	48	206	0	0		
22	206	84	122	0	0		
23	122	60	62	0	0		
24	410	120	290	27	0		
25	290	48	242	0	0		
26	242	108	134	0	0		
27	446	60	386	0	0		
28	386	72	314	31	0		
29	314	72	242	0	0		
30	242	48	194	0	0		
31	482	60	422	0	0		
32	422	96	326	36	0		
33	326	72	254	0	0		
34	254	48	206	0	0		
35	206	96	110	0	0		
36	386	48	338	0	0		
37	338	60	278	41	0		
38	278	84	194	0	0		
39	194	72	122	0	0		
40	122	84	38	0	0		
41	362	108	254	43	0		

TABLA B.2

Simulación del modelo con un punto de reorden de 338 y un nivel máximo de 602.

Periodo	Inventario Inicial	Demanda	Inventario Final	Tiempo de Espera	Stockout		
1	599	108	491	0	0		
2	491	72	419	0	0		
3	419	72	347	0	0		
4	347	108	239	8	0		
5	239	96	143	0	0		
6	143	48	95	0	0		
7	95	96	0	0	1		
8	360	120	240	12	0		
9	240	84	156	0	0		
10	156	48	108	0	0		
11	108	72	36	0	0		
12	395	96	299	16	0	Punto de Reorden	339
13	299	84	215	0	0	Nivel Máximo	599
14	215	108	107	0	0	Costo Total Esperado Promedio	115.00
15	107	72	35	0	0	Nivel de Servicio Tipo I	0.9903
16	335	60	275	20	0	Nivel de Servicio Tipo II	0.9923
17	275	84	191	0	0		
18	191	120	71	0	0		
19	71	72	0	0	1		
20	324	60	264	24	0		
21	264	84	180	0	0		
22	180	84	96	0	0		
23	96	72	24	0	0		
24	359	48	311	27	0		
25	311	96	215	0	0		
26	215	96	119	0	0		
27	407	60	347	0	0		
28	347	84	263	30	0		
29	263	72	191	0	0		
30	527	72	455	0	0		
31	455	60	395	0	0		
32	395	96	299	35	0		
33	299	60	239	0	0		
34	239	72	167	0	0		
35	467	72	395	0	0		
36	395	60	335	40	0		
37	335	60	275	0	0		
38	275	120	155	0	0		
39	155	120	35	0	0		
40	299	48	251	43	0		
41	251	72	179	0	0		

TABLA B.3
599.

Simulación del modelo con un punto de reorden de 339 y un nivel máximo de

APÉNDICE C: PROCESO DE OPTIMIZACIÓN POR SIMULACIÓN

La medida usual de función de interés implica evaluar costos para el inventario excedente, escaseces de inventario, y orden de pedido de artículos. Alternativamente, el problema puede ser formulado con costos en el inventario excedente y orden de pedido, puede supeditarse a una restricción del nivel de servicio implicando escases de inventario. Incluso para un problema tan simple como éste, que no hay la expresión de la forma cerrada para ilustrar el costo de inventario. La simulación estocástica es realizada para estimar los costos. Una persona que toma las decisiones quiere encontrar los valores óptimos de (s, S) para minimizar el costo de inventario.

En la mayoría de los casos, el uso predominante de simulación es para evaluación de rendimiento, donde las medidas comunes de función implican promedios y probabilidades de retrasos, tiempo de ciclo, rendimiento específico, y costo. Una estructura típica de optimización de simulación consiste en tres niveles de operaciones bosquejados en la figura C.1. Un modelo de simulación es el núcleo de la estructura y sirve de rol de evaluador de desempeño. Para cada configuración alternativa de las variables de decisión, las réplicas múltiples (o las muestras) de simulación deben ser realizadas para captar la característica de aleatoriedad y obtener una estimación estadística. Esto constituye al simulador estocástico que consiste en un lazo de réplicas múltiples del modelo de simulación. El nivel más alto es la optimización o motor de búsqueda que

puede iterativamente buscar en el espacio del diseño para encontrar la mejor configuración de variables de decisión, donde el simulador estocástico es aplicado para evaluar alternativas diferentes del candidato.

Para poder administrar con eficiencia y eficacia una empresa, se necesita contar con una buena información que muestre lo que está sucediendo al interior de la misma y lo que está ocurriendo a su alrededor. Por consiguiente, se necesita de una herramienta que suministre dicha información a la gerencia.

La simulación es una técnica de la Investigación Operativa que se viene utilizando y cuya aplicación en el campo de la gestión de stocks es válida ya que a veces, es difícil aplicar otros métodos por la falta de información o por el costo que ello supone.

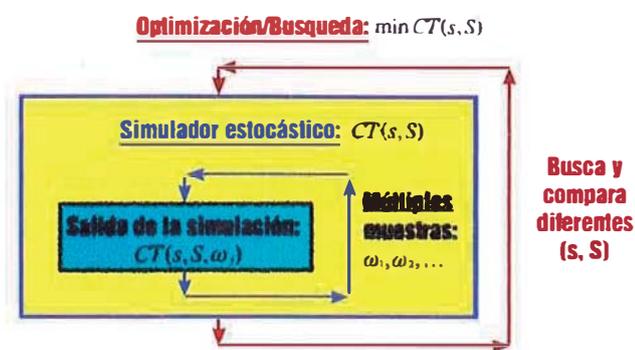


Figura C.1 La estructura de una simulación típica de proceso de optimización.

APÉNDICE D: MÉTODO AHP

Este modelo trabaja estableciendo preferencias. En su primera fase, calcula pesos o ponderaciones de criterios. Comienza por hacer comparaciones apareadas entre los criterios, y construye una matriz cuadrada del cual el eigenvector¹ es calculado, que es entonces utilizado como un vector de ponderación para los criterios. En muchas aplicaciones, el método AHP se detiene aquí, sin embargo, la metodología también deja entrar un segundo estado para la determinación de alternativas jerarquizadas, cuándo las alternativas son comparadas con cada una a la otra referente a un criterio específico. Este método es repetido considerando todos los criterios, y la sumatoria ponderada de estos valores indica las alternativas dominantes, y por lo tanto la jerarquía.

Una de las razones para su difusión y su favoritismo con practicantes es su simplicidad y el hecho que establece relaciones entre los criterios y entre alternativas según las preferencias de toma de decisiones, quienes las pueden expresar en frases, o lenguaje ordinal; estas frases, usando una cierta escala, le dan paso a los números cardinales.

El modelo comienza por identificar los criterios, que se usará para evaluar

1 Eigenvector: Palabra alemán de significado 'auto vector'. Es una propiedad de matrices.

Juicio preferencial	Clasificación
Ambos criterios son igualmente importantes o preferidos	1
Un criterio es moderadamente más importante que los otros (preferencia débil)	3
Un criterio es fuertemente más importante que los otros	5
Un criterio es muy fuertemente más importante que los otros	7
Un criterio es sumamente más importante que los otros	9
Valores Intermedios	2-4-6-8

Tabla E.1 Escala de preferencias

las alternativas diferentes, así como en todos los métodos, y entonces, procedemos como indica los siguientes pasos:

1. Comienza por construir una matriz cuadrada usando los mismos criterios en columnas y en filas.
2. Entonces, hace una comparación del par de criterios usando preferencias, considerando el objetivo como una referencia, y asignando una medida de valoración entre 1 y 9, según tabla E.1. Por ejemplo, en comparar criterios A y B:

Si se prefiere criterio A sobre B, es decir, con una preferencia débil, utilizamos la tabla E.1 para convertir ese juicio preferencial en un número cardinal. El resultante valor '3' quiere decir que A es tres veces más significativo que B, referente al objetivo. Consecuentemente, el modelo asume que B es exactamente lo contrario, y obtiene 1/3. El mismo método tiene aplicación para comparar todos los pares de criterios.
3. Ahora, encuentra el eigenvector. (el analista puede seguir el método simple indicado delante).

Computar los criterios ponderados usando los valores así obtenidos, necesitamos usar álgebra lineal y computar el eigenvector. Sin embargo, hay un procedimiento aproximado, que es menos complicado. Simplemente multiplique todas las cantidades en una fila, sume estos productos, y extraiga la raíz correspondiente al número de criterios.

Para encontrar el peso relativo de cada criterio, sumar los valores calculado previamente, divida cada uno por este total.

4. Para ponderar alternativas un método similar tiene aplicación. Ahora, hace comparación de par de alternativas con respecto a un criterio. El resultado es una nueva matriz cuadrada recíproca para cada criterio, con su eigenvector correspondiente. Cuando este método es repetido para todos los criterios, habrá un valor o peso para cada alternativa y para cada criterio.
5. Después, multiplica el valor de cada alternativa por el peso del criterio correspondiente.
6. Finalmente, suma todos los valores para una alternativa.