

Universidad Agraria de La Habana
"Fructuoso Rodríguez Pérez"
Facultad Ciencias Técnicas
Departamento de Matemática-Física

*Modelación matemática de la Gestión de
Inventarios en la Unidad Empresarial de Base
(UEB) Mayorista de Medicamentos (MM)
Droguería Mayabeque*

Autora: Ing. Maday Machado Aguiar

Tesis presentada en opción al título de Máster en Biomatemática

Mayabeque, 2019



Universidad Agraria de La Habana
"Fructuoso Rodríguez Pérez"
Facultad Ciencias Técnicas
Departamento de Matemática-Física

*Modelación matemática de la Gestión de
Inventarios en la Unidad Empresarial de Base
(UEB) Mayorista de Medicamentos (MM)
Droguería Mayabeque*

Tesis presentada en opción al título de Máster en Biomatemática

Autora: Ing. Maday Machado Aguiar

Tutor: Msc. Nelson Ulises Lim Chang

Mayabeque, 2019

Phrase

*Scientists study the world as it is; engineers
create the world that has never been.*

Theodore Von Karman

Dedicatoria

...a todos que ya no están físicamente para ver esta tesis finalizar.

En especial mi papá, mis abuelos y Leydi.

Agradecimientos:

A mi ma por ayudarme hasta desde tan lejos.

A mi tutor por todo lo aprendido y la paciencia que tuvo conmigo.

A mi familia y en especial a mi primo Ale, Jorge y María Esther por ayudarme durante toda la maestría.

A Fabi por estar ahí cuando lo necesité y ser mi amigo incondicional.

A mis compañeros de trabajo, especialmente a Darian, Rosmery, Lisandra y Edita. Gracias por apoyarme tanto.

A mis estudiantes de tesis y prácticas que tanto me ayudaron en la investigación, principalmente Rosmery y Yanelis.

A mis vecinos que hasta me alimentaron para que pudiera estudiar sin parar.

A Lion por sostenerme cuando yo ya no podía and be my reason.

A mis compañeros de la maestría. Vivimos muchas cosas juntos y agradezco de corazón su apoyo siempre.

A los profes y jurados que durante estos años nos enseñaron y formaron para poder llegar hasta aquí.

A todo el que se preocupó por mi tesis, gracias.

A todo el que me dijo No o creyó que no podía, muchas gracias.

Resumen

La investigación se realizó en la Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos Droguería Mayabeque dedicada a comercializar y distribuir medicamentos, materias primas, material de envase y reactivos químicos a las instituciones de salud de la provincia. La gestión de los inventarios presenta dificultades generadas por el no conocimiento de los niveles óptimos y los costos de inventarios. Por tanto, el objetivo general de este trabajo es modelar matemáticamente la gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque. Se utilizaron herramientas como: la observación, la entrevista, el diagrama de Pareto y la modelación matemática. Mediante los métodos y técnicas se efectuó un diagnóstico de la entidad donde se conocieron las principales deficiencias en el manejo de los mismos: problemas en el sistema de codificación e identificación de los proveedores y los productos a gestionar, no se calculan los parámetros de la gestión de inventarios, no aplican un procedimiento para gestionar los inventarios, entre otras. Fueron calculados los elementos necesarios para la modelación como son el costo de efectuar un pedido y el costo por faltante. Se realizó una comparación entre los resultados de los modelos EOQ con y sin faltantes para los productos analizados (Dipirone, Tiras Reactivas de Glucosa y Bioindicadores) en el 2017. Concluyéndose que el modelo con faltantes genera menores costos a la entidad. Se recomendó exigir una correcta planificación de la demanda a las instituciones de salud y realizar paulatinamente el procedimiento al resto de los productos.

Frases claves: gestión de inventarios, modelos matemáticos, optimización

Summary

The investigation was carried out in the Managerial Unit of Base Wholesaler of Medications Drugstore Mayabeque dedicated to market and to distribute medications, matters cousins, container material and chemical reagents to the institutions of health of the county. The administration of the inventories presents difficulties generated by the non-knowledge of the good levels and the costs of inventories. Therefore, the general objective of this work to model the administration of inventories mathematically in the UEB MM Drugstore Mayabeque. Tools were used like: the observation, the interview, the diagram of Pareto and the mathematical modeling. By means of the methods and technical a diagnosis of the entity was made where the main deficiencies were known in the handling of the same ones: problems in the code system and the suppliers' identification and the products to negotiate, the parameters of the administration of inventories are not calculated, they don't apply a procedure to negotiate the inventories, among others. The necessary elements were calculated for the modeling like they are the cost of making an order and the cost for lacks. He/she was carried out a comparison among the results of the model EOQ with and without lacks for the analyzed products (Dipirona, Ribbons Reactivate of Glucose and Bioindicadores) in the 2017. Being concluded that the pattern with lacks generates smaller costs to the entity. It was recommended to demand a correct planning from the demand to the institutions of health and to carry out the procedure gradually to the rest of the products.

Key phrases: administration of inventories, mathematical models, optimization

Índice

Introducción	1
Capítulo I: Revisión Bibliográfica	7
1.1 Inventarios	7
1.1.1 ¿Qué son los inventarios?	7
1.1.2 Tipos de Inventarios	8
1.1.3 Costos de Inventarios	11
1.2 Gestión de Inventarios	12
1.2.1 Elementos de la gestión de los inventarios	15
1.2.2 ¿Qué persigue la Gestión de Inventarios?	19
1.3 Modelos matemáticos para la Gestión de Inventarios	20
1.3.1 Estado del arte de la modelación matemática de los inventarios	20
1.3.2 ¿Qué son los modelos matemáticos para la Gestión de Inventarios?	23
1.3.3 Tipos de modelos matemáticos para la gestión de inventarios	24
Capítulo II Materiales y Métodos	28
2.1 Caracterización del área de investigación	28
2.1.1 Función Específica de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque	28
2.1.2 Estructura Organizativa	29
2.1.3 Principales Clientes	29
2.2 Diagnóstico de la gestión de inventarios en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque	30
2.2.1 Método de control de ubicación de los productos	31
2.2.2 Trazabilidad del producto	31
2.2.3 Sistema de codificación de productos, clientes y proveedores	32
2.2.4 Rotación de los productos	32

2.2.5 Registro de control de fecha de vencimiento	33
2.2.6 Demanda de los productos.....	33
2.3 Métodos empleados en la investigación	34
2.4 Modelos matemáticos para la gestión de inventarios.....	35
2.4.1 Modelo del tamaño económico del lote (TEL)	35
2.4.2 Modelo TEL con faltante permitido	39
2.7 Softwares utilizados en la investigación	45
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1 Cálculo de los elementos necesarios para modelar	48
3.1.1 Análisis de las existencias del inventario.....	48
3.1.2Ciclo de gestión de un pedido	51
3.1.3 Costo de efectuar los pedidos	54
3.1.4 Tasa anual de costo de almacenamiento.....	58
3.1.5 Costo por faltante.....	60
3.2 Aplicación del modelo EOQ sin faltantes (TEL sin faltantes)	61
3.3 Aplicación del modelo EOQ con faltantes (TEL con faltantes)	63
3.4 Discusión de los resultados	66
Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	71
Bibliografía.....	72

Introducción

Cualquier análisis de los riesgos e incertidumbres a los que se enfrenta la economía mundial debe basarse en el complejo contexto de cambio del mundo, lo cual dificulta una previsión certera sobre el futuro, especialmente en las relaciones económicas y políticas internacionales (Steinberg, 2016).

Con esta perspectiva, se puede afirmar que el mundo actual se caracteriza por un alto grado de turbulencia y dinamismo, entendiendo estos conceptos como una situación de rápidas mudanzas e imposibilidad de predecir el futuro económico apoyado en formas tradicionales de gestión empresarial. En un mercado global, desafío que toda empresa moderna enfrenta hoy; el cambio profundo de su entorno coloca como única alternativa para sobrevivir, la adaptación a las mudanzas y volverse competitivas, para lo cual debe adoptar nuevos patrones tecnológicos y de organización.

Bustos y Chacón (2010, p. 2) sostienen que “los intercambios de bienes y servicios en todos los niveles, en todas las modalidades y desde o hacia los rincones más apartados del planeta ya son una realidad gracias a la globalización.”

Los impactos más visibles en las organizaciones producto de dichas alteraciones se han hecho sentir esencialmente en la flexibilización, horizontalización y achatamiento de las estructuras organizacionales, apoyadas sobre todo, en instrumentos de gestión como el *outsourcing*, la reingeniería y el *downsizing*, privilegiándose un mayor grado de responsabilidad de los trabajadores en relación a su desempeño y un fortalecimiento del empleo de técnicas matemáticas de la Investigación de Operaciones (Teoría de Juegos, Modelos de Inventarios y Programación en Enteros) en el proceso de toma de decisiones.

Se trata en el fondo, de llevar las decisiones de las operaciones y el mercado, en el sentido de tornar más ágil y rápida, más precisa y fundamentada, la respuesta organizacional a las alteraciones del ambiente.

Estas alteraciones de las cuales han sido objeto las organizaciones, han determinado también una preocupación creciente con la necesidad del desarrollo y aplicación de herramientas informáticas y con la promoción de su capacidad de aprendizaje y participación organizacional, entendidas cada vez más como verdaderas fuentes de ventajas competitivas.

Ciertamente, la compra y venta de artículos en la cantidad, calidad y tiempo de entrega deseado son un requisito que le permite a las empresas acopiar los inventarios necesarios para satisfacer las demandas de sus clientes. (Bustos y Chacón, 2010).

Por otra parte, autores como Felipe, (2016, p. 11) afirman que “en épocas recientes, debido fundamentalmente a la crisis que ha afectado a gran parte de los sectores económicos, se ha demostrado que un exceso de inventario provoca grandes problemas financieros a las empresas.”

Con frecuencia, hay autores que opinan que dentro de los diferentes subsistemas de una empresa donde se necesita un proceso de gestión eficaz y eficiente, la gestión de los inventarios ocupa un lugar secundario y olvidado, tal vez porque se considera que constituyen recursos patrimoniales garantizados para la organización.

Sin embargo, la gestión de los inventarios es primordial dentro del proceso productivo pues garantiza una saludable situación financiera relacionada con un proceso de producción estable, permitiendo mejorar la toma de decisiones para la obtención de resultados favorables desde el punto de vista económico y financiero.

De forma intuitiva, los inventarios son entendidos como recursos, productos, materias primas y materiales en general, que se almacenan durante cierto período de tiempo para aprovechar las ventajas que significan diferir su consumo o utilización en el futuro. No hay una empresa moderna que entre sus objetivos estratégicos no considere el tema de los inventarios como área de atención prioritaria.

Según Krajewski& Ritzman (citados por Moreira, 2008):

“Cerca de un trillón de dólares fueron invertidos en inventarios en la economía norteamericana en 2007. De ese total, el 37% pertenecía a la industria de transformación, el 22% al comercio mayorista, el 21% al comercio minorista, el 12% al sector agropecuario y el 12% a los segmentos restantes de la economía. Aunque la importancia de los inventarios sea fundamental para la industria, no deja de serlo para los otros sectores.”

La Revista científica colombiana “Ingeniería y Universidad” (2005) en su volumen 9 establece que la dinámica comercial propia de un entorno económico globalizado exige a las empresas de sectores económicos como la industria biofarmacéutica, tener todos sus

procesos claramente definidos y controlados para garantizar un abastecimiento oportuno de sus productos a clientes globales y de proveedores en múltiples ubicaciones. Es por esto que para evitar la escasez de productos hay aspectos más trascendentales que el mismo tiempo de entrega, como son los pronósticos de ventas y los pedidos que se envían a los proveedores, que deben estar desarrollados con base en políticas óptimas de control de inventarios e información fiable y actualizada que garantice una adecuada gestión.

En ese sentido, según la Revista Vaccimonitor (2018) el surgimiento del sector biotecnológico inició una revolución en las bases tradicionales de competencia en la industria farmacéutica en términos de desarrollo y fabricación de productos, principalmente dirigidos a la salud humana. La gestión de inventarios en esta industria es ardua, con grandes volúmenes y variedad de inventario, dado por la complejidad de mantener dos procesos que tienen efecto en la gestión de inventarios, relacionados con la investigación y desarrollo, y producción.

Desde un aspecto logístico, se trabaja para que el inventario se mantenga en unos niveles estables y ofrecer el mejor servicio al cliente. Esto se debe convertir en una mayor disponibilidad de producto. Es decir, que cada línea de pedido que solicita un cliente pueda ser suministrada en ese mismo momento y no esperar a reposiciones por rotura de stock. (Felipe, 2016)

En Cuba las deficiencias en la gestión de inventarios se evidencian mediante:

“La Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría tuvo el 68% de los productos ofertados en tienda con menos del 95% de disponibilidad entre mayo de 2007 y mayo de 2008. Almacenes Universales S.A. (filial transporte) tuvo 80% de las piezas con menos del 60% de disponibilidad en 2010 y el 50% de disponibilidad de aceite comestible entre abril y junio de 2010 en TRD.” (López et al. 2012, p. 4)

En la sesión ordinaria de la Asamblea Nacional del Poder Popular, el Ministro de Economía y Planificación, Ricardo Cabrisas mediante un informe de la Oficina Nacional de Estadística e Información, da cuenta que al cierre del mes de octubre del 2016 se reportaba un nivel de inventarios superior a los 23 400 millones de pesos, concentrado fundamentalmente en mercancías para la venta, con más del 29 % del total de inventarios. (Granma, 2017)

Ante esta situación, explicó:

“Resulta imprescindible disminuir los gastos líquidos, al máximo de las posibilidades, y explotar las numerosas reservas existentes en los inventarios, pues la economía dispone hoy de 1 200 millones de inventarios útiles por encima de los niveles previstos.” (Granma, 2017, p. 4)

La noción de los inventarios se vincula con la necesidad de garantizar un manejo eficiente de los mismos, y eso tiene relación con el hecho de que mantener niveles altos de inventarios es costoso por la propia razón de que constituyen recursos ociosos que se deterioran con el tiempo.

Por otro lado, mantener niveles bajos implica el peligro para una organización de que su proceso productivo, comercial o de servicios se detenga por la no disponibilidad de esos recursos. De manera que la pregunta parece evidente, lógica y necesaria; ¿Cuál es el nivel óptimo de inventario que para cierto producto debe mantener una entidad cualquiera?

La administración científica de los inventarios constituye para el sector empresarial cubano un desafío. El país está envuelto en el desarrollo de un modelo económico que necesita del empleo de la ciencia, eficiencia de los recursos, y el aumento de la competitividad mediante la reducción de los costos como se plantea en los Lineamientos 7,129 y 131 de la política económica y social del país en el estado del VII Congreso del Partido Comunista de Cuba.

El trabajo de investigación se realiza en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque, perteneciente a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED), quien a su vez estructuralmente forma parte del Grupo de las Industrias Biotecnológica y Farmacéutica (BioCubaFarma) del Órgano Superior de Dirección Empresarial (OSDE), con subordinación al Consejo de Ministros.

La UEB MM Droguería Mayabeque se dedica a la comercialización y distribución de medicamentos, materias primas, material de envase y reactivos químicos en los centros de salud de la provincia.

En ella existen deficiencias en el manejo de los inventarios ya que cuentan con un alto volumen de productos que van desde los reactivos químicos, productos naturales para la confección de los jarabes, hasta los medicamentos en las diferentes formas de presentación como pastillas, supositorios, cremas y suspensión, entre otros productos.

Por consiguiente, se formula el siguiente **Problema Científico de Investigación**: ¿Cómo optimizar la gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque?

Objeto

La optimización de inventarios mediante el empleo de modelos matemáticos.

Objetivo general

Modelar matemáticamente la gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque.

Objetivos específicos

- ✓ Elaborar el marco teórico-conceptual que sirva de sustento al diseño de un modelo matemático para la optimización de inventarios.
- ✓ Diagnosticar la Gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque (EMCOMED).
- ✓ Determinar los componentes del modelo matemático para la optimización de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque.
- ✓ Solucionar el modelo matemático para la optimización de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque.

Tipo de Investigación

Explicativa, descriptiva y exploratoria

Justificación del trabajo de investigación

Es posible que las empresas mediante la implementación de diferentes herramientas matemáticas obtengan dinamismo y flexibilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno, adelantándose a las necesidades y expectativas de los clientes, logrando así un alto nivel de competitividad. Siendo la gestión de los inventarios un elemento estratégico clave, que determina el éxito o fracaso de objetivos importantes. (Benítez et al. 2011)

Se considera que el grado de conocimiento de los conceptos y técnicas que se pretenden abordar es todavía insuficiente en el sector empresarial, lo cual puede aliviarse a través de un abordaje sistemático de estas herramientas como parte de un esfuerzo académico integral para aplicar los conocimientos científicos a la práctica económica.

Novedad científica

Existen brechas significativas en la gestión de inventarios del país, así como en el empleo de métodos científicos para ello. Con esta investigación se pone a disposición de los especialistas de la rama la comparación de modelos matemáticos para la gestión de los inventarios. La misma se realiza entre el modelo Tamaño Económico del Lote (TEL) o modelo EOQ (Economic Order Quantity) sin faltantes y con faltantes.

Capítulo I: Revisión Bibliográfica

El presente capítulo aborda los elementos teóricos referentes con los inventarios, su gestión y la modelación matemática de la gestión de inventarios. Estos respaldan el desarrollo teórico-metodológico de la investigación y permiten dar respuesta al objetivo específico número uno.

1.1 Inventarios

1.1.1 ¿Qué son los inventarios?

El inventario es una parte fundamental de todo sistema logístico, según Schroeder (1992), este es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer la demanda del consumidor.

“Una visión del punto de vista de la contabilidad define inventario como “el resultado de las compras de materias primas y partes; es también el resultado de aplicar mano de obra y costos indirectos de fabricación a las materias primas para producir productos acabados.” (POLIMENI et. al, 2000, p.100)

Ampliando la anterior afirmación Ballou (2004) opina que los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.

De acuerdo con Ballou, El Professionals- Supply Chain Management Terms and Glossary (2009, p. 211) publica que “son componentes, materias primas, trabajo en proceso, productos terminados e insumos.”

Luz Castellanos (2012, p. 6), evaluando la importancia económica de los inventarios señala que “los inventarios son bienes tangibles o materias primas, cuyas cantidades o existencias (stock) se encuentran disponibles para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.”

Según China (2015, p. 13) dice: “Un inventario puede definirse como toda cantidad de material, bienes o artículos que estén almacenados, mantenidos en perfecto estado, listos para su uso y que posean cierto valor económico.”

Definiendo el valor de estos, González, (2016, p. 5) agrega:

“El inventario son todos los productos y materias primas que posee la empresa y que son potenciales para la futura venta y que proporcione beneficios a la organización. El inventario está formado por todo el stock de la empresa que no se ha vendido, las materias primas que se poseen que les permiten crear nuevos productos y todos aquellos productos que se encuentran en el proceso de producción de la empresa y próximamente ya estarán disponibles para su venta.”

Coincidiendo con González, otros autores resaltan su funcionabilidad:

“Los inventarios son cantidades de recursos que se despliegan a lo largo del complejo sistema de relaciones intra e interempresas (cadena logística) para permitir su operación económica y fluida, a la vez que, para absorber el impacto de la variabilidad e incertidumbre asociadas a la operación, garantizando la máxima satisfacción del cliente.” (Acevedo et al., 2017)

En estas definiciones a lo largo del tiempo se analizan los inventarios desde el punto de vista operacional con Schroeder (1992) y contable por POLIMENI et al. (2000). Se considera también que Acevedo et al. (2017) abarcan la mayoría de los elementos comunes entre los autores citados y tiene un enfoque superior a las organizaciones, las cadenas de suministros. Por lo antes expuesto se asume la definición de Acevedo et al. (2017) para la presente investigación.

En los conceptos planteados se hace referencia inventarios de materias primas, de producto terminado y otros. Por lo que es pertinente estudiar las clasificaciones de los inventarios.

1.1.2 Tipos de Inventarios

Los inventarios pueden clasificarse desde diferentes puntos de vista o criterios. A partir de la clasificación de los inventarios pueden conformarse diferentes grupos de inventarios que requerirán de una estrategia y políticas diferentes en cuanto a su gestión. Se revisa diferentes clasificaciones propuestas por autores como Noori (1997), (Torres et al., 2004), Espinoza (2007), Acero y Pardo (2010), Marrero y Rodríguez (2011) y Castillo y Henríquez (2013). Se obtienen así los siguientes criterios de clasificación.

De acuerdo a su naturaleza

- De materias primas y materiales (MP): Son los insumos y materiales que serán empleados en la transformación del producto terminado. Su regeneración exaltará los volúmenes hasta una norma máxima de inventario preliminarmente determinada.
- De productos en proceso (PP): Se refiere a subproductos que formarán parte del producto final aún sin terminar. Se encuentran en todo el flujo de producción, y su comportamiento está en función de las operaciones anteriores y posteriores al momento o lugar del proceso de que se trate.
- De productos terminados (PT): Aquellos productos terminados ya envasados (y a veces también embalados), listos para su posterior comercialización y venta.

De acuerdo a la rotación

- Inventario corriente: Se refiere al inventario que se comporta dentro de márgenes característicos de rotación.
- Inventario de lento movimiento: Los productos congruentemente inmovilizados debido insuficientes movimientos de salida.
- Inventario ocioso: Los productos sin salidas en un período de tiempo determinado. Su principal origen son las compras no evidenciadas.
- Inventario obsoleto: Los productos inútiles debido principalmente a cambios de tecnologías que resultan en ociosos.

De acuerdo al nivel de acceso

- Inventario estratégico: Los productos que se depositan de acuerdo a una estrategia nacional, ramal o empresarial debido a que constituyen repuestos a un equipo vital para una actividad dada, o que su comercialización resulte muy difícil o lenta.
- Inventario de reserva estatal: Son los inventarios para desastres naturales o eventualidades.
- Inventarios intocables: Son existencias de las Fuerzas Armadas para casos militares los que deben rotarse apropiadamente.

De acuerdo a su posición en el proceso logístico

- Inventario en existencia: Son las existencias en un almacén.
- Inventario en tránsito: Son los productos que están transportándose y por tanto no están ni en un nodo ni otro.

De acuerdo a su funcionalidad

- Inventario normal: Es el inventario que permite el aseguramiento de la demanda de un producto.
- Inventario de seguridad: existe como incertidumbre de la demanda u oferta de un producto, posibilita cubrir las fluctuaciones aleatorias y circunstancias de suministro (plazo de suministro y calidad del producto).
- Inventario disponible: El total de las existencias físicamente en el almacén. Está formado por la suma del inventario normal y del inventario de seguridad.

De acuerdo al tipo de demanda

- Demanda dependiente: son los materiales y partes que se emplean en el proceso de producción de un producto terminado
- Demanda independiente: suelen ser productos finales o terminados cuya demanda no depende de la actividad productiva interna sino de un carácter externo.

Otras clasificaciones

- Inventario de ciclo o tamaño de lote: Estos son inventarios que se piden en lotes porque es más económico hacerlo así, pedir el artículo sea necesario satisfacer la demanda.
- Inventarios estacionales: Los inventarios utilizados con este fin se diseñan para cumplir más económicamente con la demanda estacional variando los niveles de producción para satisfacer fluctuaciones en la demanda. En otras palabras, estos se utilizan para suavizar el nivel de producción, de las operaciones, para que los trabajadores no tengan que contratarse o despedirse frecuentemente.
- Inventario de separación: Tienen como función separar operaciones, por ejemplo, en el sistema completo producción-distribución. Permite que las diversas actividades de producción operen de modo más independiente, sin tener que confiar plenamente en la programación de salida de operaciones previas al proceso de producción.
- Inventario perecedero: Se deteriora con el paso del tiempo, ya sea el artículo y o sus atributos.

Los inventarios también se utilizan con otros fines. Por ejemplo, los inventarios en vitrinas de tiendas y supermercados sirven como instrumento promocional. Los inventarios de

materias primas y productos terminados se utilizan para prevenir incrementos de precios, inflaciones y en algunos países, huelgas.

Los inventarios sirven para suavizar irregularidades en la demanda. Por ejemplo, la papa se cosecha una vez al año, pero se utiliza como alimento para las personas todo el año. El gobierno de cualquier país crea reservas de diversos productos como prevención contra calamidades naturales o eventos bélicos.

Acevedo *et al.*, (2001, p. 11) enuncian las funciones de los inventarios como:

- Ayudar a la independencia de operaciones.
- Separar los procesos de producción y distribución.
- Determinar la óptima secuencia de operaciones
- Permitir que las operaciones continúen con suavidad.
- Determinar condiciones económicas de aprovisionamiento.
- Usar óptimamente la capacidad productiva.
- Almacenar bienes para cubrir una demanda anticipada.
- Tomar ventaja de los descuentos por cantidad.
- Proteger de la inflación y cambios de precio.
- Proteger contra el inventario agotado.

“La función fundamental que cumplen los inventarios es la de actuar como amortiguador entre la disponibilidad de materiales y su demanda, ejercida tanto por los clientes externos como por los internos.” (Acevedo *et al.*, 2001, p. 11).

“Las empresas ponen a disposición de los clientes o consumidores los productos inventariados con un doble propósito: por un lado, satisfacer las necesidades de los clientes o consumidores de modo congruente con sus exigencias de calidad, tiempos de entrega y precios apropiados; por otro, percibir los beneficios económicos que supone la diferencia entre los ingresos por venta de los productos y/o servicio ofrecidos y el costo de las actividades que añaden valor.” (Bustos y Chacón, 2010, p. 3)

1.1.3 Costos de Inventarios

En cuanto a sus costos, puede decirse que los inventarios son “uno de los activos más caros para muchas empresas, a veces llega a representar el 40% del capital total invertido” (Heizer y Render, 2001, p. 9).

Por otra parte, más del 50% de los costos totales en las empresas industriales son costos de materiales, mientras que en las empresas comerciales o de ventas al detalle los costos de las mercancías o mercaderías giran en torno al 70% de los costos totales (Horngren *et al.*, 2002).

Uno de los requisitos más importantes en la gestión eficiente de los inventarios es comprender la estructura de los costos que involucra. De forma general la mayoría de los autores abarcan los mismos costos, de una manera u otra, con diferencias en la forma de agruparlos.

Se estudian varios autores en cuanto a los costos de inventarios como: Acevedo y Gómez (2000), Heizer y Render, (2001); Horngren *et al.*, (2002), Conejero *et al.*, (2004), López (2004), Martín (2006), Acevedo y Gómez (2010), Marrero y Rodríguez (2011); y Acevedo, Gómez *et al.*, (2017). Se compilan y exponen sus expresiones de cálculo en el Anexo No. 1 Costos de inventarios

Por lo expuesto anteriormente se puede afirmar que el control del inventario es un elemento importante para el desarrollo, tanto en grandes empresas como en pequeñas y medianas; una mala administración, puede ser el culpable de generar clientes descontentos por el no cumplimiento de la demanda, además de ocasionar problemas financieros.

A esto Ojeda, (2012), comenta que el control del inventario es un elemento de la administración poco atendido, sin tenerse registros fehacientes, un responsable, políticas o sistemas que le ayuden a esta fácil pero tediosa tarea.

Por lo que la gestión de inventarios, también llamada administración de inventarios, es esencial para lograr menores costos y mayor satisfacción de la demanda del cliente

1.2 Gestión de Inventarios

Antes de hablar de gestión de inventarios se debe entender que es la gestión. Por lo que se realiza un análisis de este concepto, primeramente.

Según Rubio (2008) y Benavides, (2011), la gestión debe estar al tanto de los cambios que se puedan producir en la empresa, utilizando todos los elementos posibles para responder a dichos cambios, en beneficio de la satisfacción de los clientes y de la sociedad en general.

Esta gestión se compone de guías para orientar la acción, previsión, visualización y empleo de los recursos y esfuerzos a los fines que se desean alcanzar, la secuencia de actividades para lograr objetivos y el tiempo requerido para efectuar cada una de sus partes y los eventos involucrados en su obtención.

Según la Norma ISO 9000, (2015, p. 3) “se entiende por gestión: las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización.”

Entonces, la gestión serán todas las actividades, metodologías, herramientas y recursos que la organización es capaz de establecer para obtener los objetivos establecidos que la lleven al éxito. Tiene en cuenta las funciones de organizar, planificar, dirigir y controlar.

La gestión de inventarios es de vital importancia dentro de la gestión logística, dado que no es posible producir y vender de forma inmediata. Este eslabón intermedio entre el momento de la producción y la demanda, tiene como objetivo mantener la disponibilidad del producto cuando el cliente lo solicite. (Acevedo y Gómez 2001, p. 3):

Vidal (2005), coincide opinando que es la técnica que permite mantener una existencia de productos a un nivel adecuado, según las necesidades de las unidades y en relación con las estrategias de producción. Permite reducir al máximo su cuantía, sin afectar el servicio al cliente, mediante una adecuada planeación y control del mismo.

Para Marrero (2011), La gestión de inventario son los procesos administrativos para asegurar que el nivel de inventario se encuentre en los índices decididos en el proceso de planificación. Debe de estar de acuerdo con los parámetros logísticos de los proveedores y la política de compras definida.

Más adelante, Acero y Pardo, (2010, p. 13) opinan que:

“La buena gestión de los inventarios es la herramienta para el incremento de las ventas, al hacerse un trabajo efectivo el material será suficiente para poder trabajar y de esta manera la satisfacción del cliente se incrementará, y se logrará así fidelidad y un ejercicio constante de negocios.”

Luego con un enfoque a la disminución de los costos Manene (2012, p. 3) dice:

“la gestión de inventarios debe determinar cuál es el stock máximo, el stock de seguridad y el punto de pedido para establecer el momento y la cantidad de pedido que va a realizar la empresa. Lo que se pretende es aproximarse lo máximo posible al nivel de stock óptimo, que es aquel en que los costes de gestión son mínimos”.

Los sistemas de gestión de inventario propician una mejor toma de decisiones y permiten buscar los niveles óptimos al ordenar o almacenar inventarios controlando los costos totales, así como la determinación del nivel óptimo de inventarios, además reducen exitosamente el costo total de comprar, de ordenar, de conservación y los asociados a los faltantes. (Campos, 2013)

También se considera como un proceso importante que regula la calidad tanto de las materias primas como del producto o servicio final:

“Es el proceso encargado de asegurar la cantidad de productos adecuados en la organización, de tal manera que se pueda asegurar la operación continua de los procesos de comercialización de productos a los clientes; es decir, asegurar que las operaciones de manufactura y distribución no se detengan, cumpliendo con las promesas de entrega de productos a los clientes.” (Zapata, 2014)

Luego, la Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales (FIAEP) (2014, p. 11) define la gestión de inventarios como:

“La serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario y determinan los niveles que se deben mantener, el momento en que las existencias se deben reponer y el tamaño que deben tener los pedidos. Un sistema de inventario provee las políticas operativas para mantener y controlar los bienes que se van almacenar.”

Es conceptualizada también como conjunto de técnicas, métodos y estrategias, que facilitan administrar los materiales existentes de los que depende la actividad económica. A través de los inventarios se pueden obtener las ganancias que la empresa espera en un ejercicio económico. Se trata de llevar un adecuado control sobre el registro, compras y salidas de inventarios, así como los costos incurridos para transformar la materia prima en un producto terminado, que será posteriormente ofertado en el mercado. (González, 2018)

En resumen, los autores coinciden en que la gestión de inventarios es la herramienta que garantiza la disponibilidad oportuna de los elementos que se necesitan (materia prima, materiales en proceso, productos terminados, insumos, repuestos, etc.), en las condiciones deseadas y en el lugar correcto con el objetivo de aumentar la satisfacción del cliente al menor costo posible.

La correcta gestión de los inventarios proporciona una situación económica favorable para la empresa ya que permite reducir al mínimo posible los niveles de existencias, evita que el inventario de productos terminados permanezca mucho tiempo en los almacenes y asegura el suministro de productos (materia prima, producto en curso o producto terminado) en el momento adecuado al área de producción o al cliente.

La autora se acoge a la definición de González (2018) ya que abarca tanto los métodos, las técnicas y las estrategias que gestionan el inventario cualitativa y cuantitativamente.

1.2.1 Elementos de la gestión de los inventarios

Un elemento clave dentro de la gestión de inventarios sin duda alguna, lo ocupa la planificación de los mismos, la cual se centra en la respuesta a un conjunto de interrogantes expuestas por Hiller y Lieberman, (2001); Wild, (2002); Paz, 2008; y Acevedo y Gómez, 2017.

- ¿Qué tener en inventario?
- ¿Dónde tener inventario?
- ¿Qué cantidad tener en inventario?
- ¿Cuándo reponer el inventario?
- ¿Cómo gestionar el inventario?
- ¿Con qué eficiencia se gestiona el inventario?

“Las respuestas deben garantizar las dimensiones adecuadas de los inventarios, mediante una previsión lo más exacta posible. Para prevenir estas necesidades se debe ser muy cuidadoso, pues se corren dos riesgos: incurrir en una previsión por exceso o por defecto, en ambos casos las consecuencias son desfavorables para las empresas.” (Demestre, 2006, p. 12)

¿Qué tener en inventario?

En la gestión logística un elemento permanente de atención lo constituye la gestión de inventarios. A lo largo de la cadena logística existen puntos de acumulación de materias primas, materiales auxiliares y de oficina, herramientas, repuestos, envases, embalajes, combustible, lubricantes, instrumentos, accesorios, semiproductos y productos terminados.

¿Dónde tener inventario?

Otro aspecto importante que influye en la planificación de los inventarios es el lugar donde se encuentran los mismos, los inventarios pueden estar localizados en el proveedor, en el productor, en el distribuidor, en el punto de venta o en tránsito.

¿Qué cantidad tener en inventario?

En la planificación de los inventarios es necesario, considerar todos los puntos donde pueden encontrarse los mismos en un momento dado para calcular la cantidad de inventario a tener. El cálculo de la cantidad de objetos a tener en inventario se determina a partir del tamaño del lote, la existencia media, la existencia máxima y la reserva de seguridad necesarias.

Es importante tener presente que no solo es necesario tener la menor cantidad de materiales en la empresa por efecto de costos, ya que cuando se tiene un exceso en inventario se incurre en dificultades operativas como tiempos excesivos de búsqueda de materiales, falta de visibilidad de inventario que puede llevar a errores en el conteo y por ende desabastecimiento, además de que tener más cantidades de lo necesario hace más intensivas las operaciones de manutención de la mercancía, generando mayor probabilidad de daño, entre otros elementos negativos de tener stocks en exceso. (Heizer y Render, 2001)

Tener altos inventarios resulta estratégico para maximizar la agilidad en las entregas y la confiabilidad en la operación en el reparto de mercancías, así mismo, permite lograr altos niveles de servicio al cliente. Al contar con altos inventarios se resuelve la problemática de agotados y de los pedidos atrasados, es posible lograr la fidelización y evitar incurrir en descuentos como compensación por incumplir la promesa de entrega.

Como se muestra en la Figura 1.1, los efectos de los niveles de inventario en cada extremo, altos y bajos son peligrosos. Se debe considerar que cuanto mayor sea la cantidad de elementos en almacén menor será el riesgo de ruptura del proceso de producción, pero, al mismo tiempo, mayor serán los costes por este concepto, al cual se debe incorporar el coste de oportunidad derivado de la inmovilización de recursos financieros materializados en existencias, y los costes de mantenimiento y conservación. La clave está en un balance óptimo apoyado en las políticas que la organización defina.



Figura 1.1 Efecto de los niveles de inventario altos y bajos.

Fuente: Elaboración propia

¿Cuándo reponer el inventario?

“Las respuestas a estas preguntas tienen consideraciones importantes como la estrategia de la organización (relacionada con el nivel de servicio y la ubicación de los almacenes), la visión administrativa y el entorno, lo que hace que estas cantidades y tiempos difieran de organización a organización.” (Wild, 2002, p. 11)

El consumo de los recursos en inventario lleva a la necesidad de la reposición de ellos, dicha reposición debe realizarse sobre la base del punto de pedido y del ciclo de gestión del pedido.

Ahora bien, **¿cómo gestionar el inventario?**, ello depende del tipo de sistema de gestión que se adecue a las características de los recursos a mantener en inventario.

Con base en lo anterior, puede decirse que la función lógica de la gestión de inventarios es entregarle a la compañía un equilibrio entre el suministro y la demanda, de forma que siempre se pueda atender al cliente con el nivel de servicio que él requiera. Sin embargo, existen también otras funciones características de la gestión de inventarios que son:

- Especialización geográfica
- Desacoplamiento
- Disminución de la incertidumbre.

La especialización geográfica se refiere a tomar la decisión de la ubicación de los stocks, de manera que se aseguren costos de distribución bajos y los niveles de servicio adecuados. El desacoplamiento se refiere a la separación de los inventarios para su mejor gestión y para el abastecimiento eficiente de los materiales a la empresa y a clientes. Y la disminución de la incertidumbre se genera debido a que una adecuada gestión de los inventarios permite a las operaciones continuar suavemente y sin interrupciones debido al colchón generado, lo cual ofrece confiabilidad y seguridad a los procesos productivos y a la satisfacción del cliente en la empresa.

¿Con qué eficiencia se gestiona el inventario?

La planificación de los inventarios requiere que se mantenga un monitoreo constante de la eficiencia con que estos se gestionan, por lo que es necesario medir la rotación de inventarios de manera sistemática.

La autora considera que la respuesta a estas interrogantes es la base para una correcta planificación de los inventarios de la empresa ya que responden a las necesidades con que a diario se presentan en el manejo de los inventarios.

En la bibliografía consultada se encontró una gran diversidad de procedimientos para la planificación de los inventarios. En el Anexo No. 2 se muestra una tabla donde se comparan los procedimientos para la planificación de los inventarios expuestos por diferentes autores entre los que se encuentran Acevedo y Gómez (2010), Primelles (2010), Maceda (2012) y López *et al.*, (2013), Bofill *et al.*, (2017), teniendo en cuenta los elementos que reconoce cada uno de los autores citados anteriormente.

En la tabla se observa que los autores concuerdan en los siguientes elementos a tener en cuenta a la hora de planificar los inventarios: el estudio de la organización y de la demanda, la determinación del lote óptimo, la selección del tipo de sistema de gestión de inventario y la conformación de los costos del inventario.

En el análisis vertical sobresalen son 100% de cumplimiento de los elementos o parámetros: Acevedo y Gómez, (2010); y López *et al.*, (2013). Mientras que les siguen con un 77.7% Primelles, (2010); y Maceda, (2012).

1.2.2 ¿Qué persigue la Gestión de Inventarios?

La gestión de inventarios fundamentalmente persigue mantener un nivel de existencias que permita garantizar la demanda que el cliente exija, al menor costo posible para la empresa. Son varias las finalidades que puede alcanzar la correcta gestión de inventarios

Según Ojeda (2012) las consecuencias de no llevar un buen control de los inventarios en las empresas son las siguientes:

- Insuficiencia de inventario: Sin el inventario suficiente para vender, no sólo perdemos la venta, sino también clientes. El negar productos demerita sobremanera la concepción que el cliente tiene del negocio.
- Baja calidad de la materia prima dada su caducidad.
- Robo: Desafortunadamente es usual que sean los mismos empleados (o aún los clientes) quienes lleven a cabo el robo hormiga, otro factor que lleva al aumento de costos por falta de control del inventario.
- Mermas: Existen autores que consideran que una merma aceptable sería desde el 2% hasta el 30% del valor del inventario. La realidad es que la única merma aceptable es del 0%.

- Desorden: Es un hecho que el desorden en bodega o en el área de trabajo provoca graves pérdidas a la empresa.
- Exceso de inventario: Ya que el empresario por lo general se centra en tener altos niveles de inventario para asegurar su venta, muchas veces se incurre en exceso de materiales para la venta.

Tomando como base lo citado por los autores sobre qué persigue la correcta gestión de inventarios se elabora un esquema relacional. En el Anexo No. 3 se muestran las finalidades de la gestión de inventarios a modo de síntesis.

“El control de los inventarios, es un elemento muy importante para el desarrollo, tanto en grandes empresas como en pequeñas y medianas; “una mala administración, puede ser el culpable de generar clientes descontentos por el no cumplimiento de la demanda, además de ocasionar problemas financieros que pueden llevar a la compañía a la quiebra” (Correa, 2015, p. 2).

Existen otros elementos como son: Los Índices de control (estos están formados básicamente por la rotación de inventarios y la rentabilidad de los mismos (Anexo No 4); El Nivel de servicio, que puede verse en la relación con los clientes y en la disponibilidad de recursos (Anexo No 5); y la demanda y sus pronósticos que definen el tipo de gestión que necesitan los inventarios (Anexo No 6).

1.3 Modelos matemáticos para la Gestión de Inventarios

Existen numerosos modelos para gestionar el inventario que se asocian a decisiones de momento y volumen de inventario a gestionar, y se diferencian entre otros elementos por la forma de asumir la demanda, en determinística (conocida) y estocástica (incertidumbre), en utilizar los costos de mantenimiento del inventario y de la gestión del pedido (Serrano *et al.*, 2010; Simchi-Levi *et al.*, 2005).

1.3.1 Estado del arte de la modelación matemática de los inventarios

Las decisiones típicas que deben tomarse al respecto de los inventarios han sido apoyadas por técnicas cuantitativas de la investigación de operaciones (Graves *et al.*, 1993) y por el desarrollo de sistemas computacionales integrados denominados Enterprise Resource

Planning (ERP) que aplican parte de los conceptos fundamentales de gestión, pero que presentan fallas en su implementación, especialmente en entornos culturales distintos a los entornos donde originalmente fueron creados (Yajiong, *et al.*, 2005)

En disciplinas como la Investigación de Operaciones, buena parte de los esfuerzos que desde los años cincuenta han tenido lugar en áreas de la logística, se ha enfocado en la solución de los problemas complejos de la gestión de inventarios. Wagner (W. Harvey, 2002). En los últimos años se han realizado disímiles investigaciones sobre la modelación matemática de inventarios y la aplicación de la misma.

En Bogotá, Nayibc, *et al.*, (2009) publicaron: Aplicación de un modelo de inventarios multiproducto para las PYMES. Este trabajo muestra la aplicación de un modelo de inventarios multiproducto para la optimización, obteniendo resultados que permite la reducción de costos de inversión en inventario sujeto a restricciones sobre el nivel de servicio y la frecuencia de ordenar.

Luego Bustos y Chacón (2010) desarrolla: Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente Un estudio en Venezuela. El objetivo de este trabajo es analizar modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente: un solo lote, lote por lote, cantidad económica de pedido (EOQ), algoritmo Silver-Meal (SM), costo unitario mínimo (CUM), balanceo de periodo fragmentado (BPF) y algoritmo de Wagner-Whitin (WW).

Otros como: Nita y Shahy, (2010); Hernando y Cáceres, (2011); Gutiérrez *et al.*, (2013). Estas investigaciones disminuyeron los déficits o superávits de inventarios y los costos del mismo.

Luego, Pérez y Torres (2014) realiza una revisión de literatura: Modelos de inventarios con productos perecederos. Seguidamente Cusado, (2015), elabora una propuesta de mejora del sistema de inventarios para una comercializadora de alimentos en la ciudad de Santa Marta, Medellín. Se aplica el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) a fin de lograr una reducción en los costos de inventario y un incremento en el beneficio económico de la organización.

En Cuba también se ha investigado el tema, potenciado principalmente por el departamento Logespro del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE, Ciudad de La Habana y dicha universidad. En 2004 Garza y González proponen un modelo matemático multiobjetivo que permite satisfacer las demandas de los clientes determinando la cantidad de recursos necesarios para llevar a cabo la producción lo que redundará en la disminución de los niveles de inventarios.

López, *et al.*, (2012) evalúan la situación de la gestión de inventarios en Cuba concluyendo que existen problemas como: la falta de disponibilidad, la inestabilidad de suministros, la baja rotación de inventarios, los deficientes estudios realizados sobre demanda y productos obsoletos; todos los cuales están relacionados directamente con los inventarios.

Por otra parte, varios autores han tratado el tema de la gestión de los inventarios en tesis doctorales. Entre ellos: Ortiz, (2004); Nogueira, (2002) y Pérez, (2005) proyectan que en el control es de vital importancia el seguimiento de los indicadores relacionados a los inventarios por su incidencia en el desempeño de la empresa. Luego, López *et al.*, (2013) obtuvo el Modelo de Referencia de Inventarios (MRInv), a través del cual pueda evaluarse integralmente la gestión de los inventarios.

La política del estado cubano también ha reconocido la necesidad de gestionar los inventarios. Prueba de esto son también los Lineamientos 103,126 y 181 de la política económica y social del país en el estado del VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. Más en específico el 252 que dicta “Ejercer un efectivo control sobre la gestión de compras y de inventarios, para minimizar la inmovilización de recursos y las pérdidas en la economía.” (Séptimo Congreso del Partido, 2017, p. 32)

Sin embargo, se aprecia que la mayoría de los estudios en Cuba se orientan a la gestión cualitativa de los inventarios y a modelos integrales o procedimientos para la gestión. Considerándose así por la autora de la presente investigación, la necesidad de fortalecer el estudio cuantitativo de la gestión de los inventarios modelándolos matemáticamente. Se reflexiona también la escasa aplicación en productos biológicos que por sus características se clasifican como cargas especiales y pueden ser peligrosas y o perecederas. A pesar de ser la biotecnología una rama priorizada por el país.

Esto lo ratifican, entre otros, los lineamientos 102 y 185 que llaman a consolidar la industria biotecnológica y farmacéutica, y a alcanzar y sostener resultados en esos campos. (Séptimo Congreso del Partido, 2017)

1.3.2 ¿Qué son los modelos matemáticos para la Gestión de Inventarios?

“Una de las aportaciones más importantes, que desde el punto de vista formativo supone el estudio de matemáticas, es la potencialidad de sus métodos y técnicas para interactuar con otras disciplinas. Este carácter interdisciplinar de las matemáticas, tiene hoy día un mayor valor formativo, dado que las empresas e instituciones precisan de profesionales de distintas áreas de conocimiento que en colaboración afronten los nuevos retos sociales y científicos. Desde ese punto de vista, la enseñanza de las matemáticas a través de modelos proporciona un valor añadido el cual no se debe desaprovechar.” (López et al., 2013.)

Dentro de los modelos matemáticos se distinguen dos grupos de modelos, los modelos de optimización y los modelos de simulación.

Los modelos de optimización se agrupan en modelo determinísticos y modelos aleatorios o estocásticos. Los modelos determinísticos contemplan un conjunto de variables, cuyo comportamiento o valor en el futuro se supone cierto, es decir, no sujetos a variación. En cuanto a los modelos estocásticos, se caracterizan por que una o más variables pueden tener diferentes valores futuros, y cada uno de ellos tiene una cierta probabilidad de ocurrencia.

Regularmente los modelos de inventario se clasifican de acuerdo a si se conoce o no la demanda en un período determinado, llamándose en este caso deterministas; y estocásticos cuando se trabaja con cantidades posibles. Seleccionar una adecuada política de gestión de inventarios, puede incidir de manera significativa en los costos de una empresa.

Según varios autores Vázquez, (2012), López et al., (2013), Acevedo et al., (2017), un modelo de inventario se utiliza para establecer una política óptima a fin de que, de manera sencilla, se pueda determinar cuándo efectuar un pedido (o proceso de fabricación) y el tamaño del lote por adquirir o fabricar. Lo anterior tiene dos objetivos bastante claros: mantener cierta cantidad de mercancía en existencia durante un período fijo para minimizar los costos y lograr el mejor nivel de servicio al cliente.

1.3.3 Tipos de modelos matemáticos para la gestión de inventarios

Existen varios elementos que influyen en la selección del modelo de inventarios adecuado, teniendo en cuenta las características de la demanda, los proveedores, el tiempo entrega entre otros, tal como se evidencia a continuación:

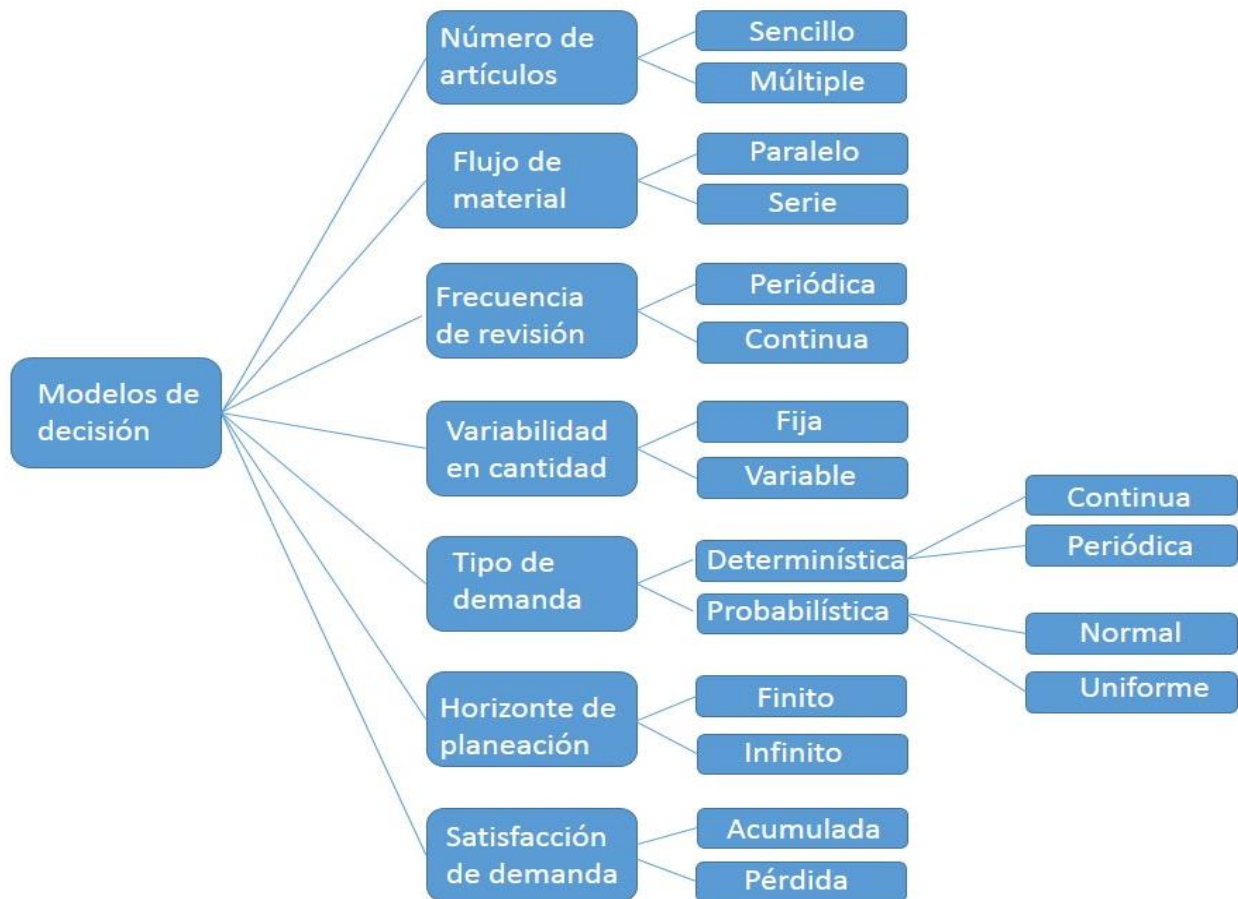


Figura 1.2 Elementos para la selección de modelos

Fuente: Vargas (2016, p. 16)

Según el criterio de Mongua & Sandoval (2009), los modelos de inventario se centran en la determinación de una política de inventarios óptima, que indique cuándo debe reabastecerse un inventario y en cuánto. El objetivo es minimizar el costo total de inventario por unidad de tiempo. Existen modelos de inventarios de cantidad fija y de periodo fijo, como se observa en la Figura siguiente:



Figura 1.3 Tipos de modelos de inventarios
Fuente: Mongua & Sandoval (2009, p. 14)

Son modelos de cantidad fija aquellos en los cuales la cantidad a comprar es la misma cada vez que se hace un pedido, estos modelos son también de revisión continua puesto que se actualiza la posición del inventario cada vez que hay un movimiento de este. Los modelos de periodo fijo son aquellos en, los cuales el tiempo entre pedidos es el mismo. Este tipo de modelo está relacionado con visitas del proveedor de manera frecuente y en la oportunidad de su visita se hacen los pedidos.

Los modelos de periodo fijo también se clasifican de acuerdo al comportamiento de la demanda, como lo son, los modelos determinísticos y probabilísticos.

En general, los modelos matemáticos para el control de inventarios se emplean en forma indistinta para describir el reabastecimiento con un proveedor externo o producción interna. Esto significa que desde el punto vista del modelo, el control de inventarios y la planeación de la producción son con frecuencia sinónimos. Su principal objetivo está orientado a satisfacer las necesidades de los clientes, y su principal diferencia es que la demanda puede ser constante o variable en el tiempo, determinista o aleatoria, predecible o impredecible. De esta manera, por el tipo de demanda que se analiza, los modelos de inventarios se pueden clasificar tal y como se muestra:

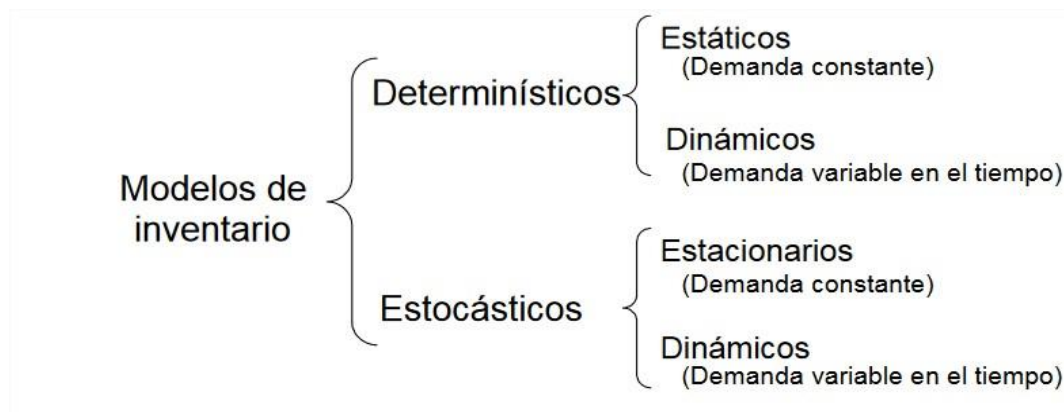


Figura 1.4 Tipos de modelos de inventarios

Fuente: Jiménez, (2005, p. 3)

Los sistemas que representan los modelos deterministas carecen de incertidumbre, es decir, todos los cambios de estado del sistema se pueden predecir con certeza, y su comportamiento se evalúa con medidas de efectividad o eficiencia tales como: Costos, tiempo y utilidades. En resumen, un modelo es determinístico cuando se tiene plena certeza acerca del funcionamiento y los resultados del problema.

“También están los modelos estocásticos, cuando al menos una variable del mismo es tomada como un dato al azar y las relaciones entre variables se toman por medio de funciones probabilísticas. “Sirven por lo general para realizar grandes series de muestreos, quitan mucho tiempo en el computador son muy utilizados en investigaciones científicas”
(Barrera, 2016, p. 2)

Es decir, se está en presencia de un modelo estocástico cuando sólo se tiene certeza parcial acerca del funcionamiento y se conocen los resultados probables del modelo.

Conclusiones del capítulo

1. “Los inventarios son cantidades de recursos que se despliegan a lo largo del complejo sistema de relaciones intra e interempresas (cadena logística) para permitir su operación económica y fluida, a la vez que, para absorber el impacto de la variabilidad e incertidumbre asociadas a la operación, garantizando la máxima satisfacción del cliente.” (Acevedo et al., 2017)
2. La gestión de inventarios es el conjunto de técnicas, métodos y estrategias que facilitan administrar los materiales existentes. Es la herramienta que garantiza la disponibilidad oportuna de los elementos que se necesitan (materia prima, materiales en proceso, productos terminados, insumos, repuestos, etc.), en las condiciones deseadas y en el lugar correcto con el objetivo de aumentar la satisfacción del cliente al menor costo posible.
3. Los modelos matemáticos de optimización se agrupan en modelo determinísticos y modelos aleatorios o estocásticos. Un modelo de inventario se utiliza para establecer una política óptima a fin de que, de manera sencilla, se pueda determinar cuándo efectuar un pedido (o proceso de fabricación), el tamaño del lote por adquirir o fabricar y minimizar el costo total de inventario por unidad de tiempo.

Capítulo II Materiales y Métodos

En este capítulo se realiza un diagnóstico de la situación actual de la entidad en cuestión, donde se reflejan aspectos de su caracterización y se presentan los modelos matemáticos básicos de inventario que pueden utilizarse para proponer posibles soluciones a las deficiencias encontradas.

2.1 Caracterización del área de investigación

La investigación se realiza en el período enero 2018 - enero 2019 en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque pertenece a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED).

Para la obtención de los elementos relacionados con la caracterización de la se utilizan fundamentalmente herramientas como la entrevista y el análisis de documentos propios de la UEB.

Sus orígenes están dados por la Resolución No. 29, de fecha 14 de febrero de 2011: Se crea la Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos, Droguería Mayabeque, con domicilio legal en Avenida 41 sin número y 36, Finca Clodomira, municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, subordinada a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED), quien a su vez estructuralmente forma parte del Grupo de las Industrias Biotecnológica y Farmacéutica (BioCubaFarma) del Órgano Superior de Dirección Empresarial (OSDE), subordinada al Consejo de Ministros, dicha resolución se pone en vigor a partir del 1ro de abril de 2011.(Resolución No. 29, 2011)

2.1.1 Función Específica de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque

Garantizar la distribución de medicamentos y suministros en la provincia a las Instituciones del Sistema Nacional de Salud, Ministerio del Interior (MININT), Ministerio de las Fuerzas Armadas (MINFAR) y otras organizaciones que se autoricen en el marco del objeto empresarial de la organización.

2.1.2 Estructura Organizativa

La UEB objeto de estudio, tiene la siguiente estructura: presenta un director que se subordina al director general de la empresa. Cuenta con 9 departamentos interrelacionados entre sí, como son: Dirección, Grupo Comercial, Grupo Contable Financiero, Grupo Recursos Humanos, Grupo Calidad, Grupo Transporte, Equipo Servicios Generales, el Área Seguridad y Protección y el Centro de Distribución. (Anexo No. 7)

2.1.3 Principales Clientes

La distribución se realiza a los 11 municipios de la provincia utilizando el parque automotor de la UEB, los cuales están insertados desde el año 2014 al sistema de Control de Flota GPS, siendo este una herramienta de control del combustible permitiendo la optimización de los recorridos y el monitoreo de estos, la entidad cuenta con la Licencia para Operaciones Farmacéuticas otorgadas por el CECMED sin la cual no se podría dar cumplimiento al objeto social. En la actualidad la UEB tiene concertadas relaciones contractuales con: Unidad de Aseguramiento de Salud (UAS), Farmacia y Óptica Provincial como principales clientes. En el Anexo No. 8 se desglosan los clientes establecidos por la UEB.

Tabla 2.1 Clientes de la UEB MM Droguería Mayabeque

Clientes	Total
Hospitales	4
Policlínicos	22
Policlínico con Atención Hospitalaria	1
Farmacias	78
MINFAR	5
MININT	5
Centros Asistenciales	45
Otros Organismos	25
Total	185

Fuente: Departamento Comercial

2.1.4 Principales Proveedores:

La UEB cuenta con 26 contratos de suministros para garantizar la demanda planificada por los clientes fundamentales. Los cuales se muestran a continuación:

Tabla 2.2 Proveedores de la UEB MM Droguería Mayabeque

No.	Proveedores	No.	Proveedores
1	Combinado Lácteo Granma (BAYAMO)	14	Laboratorio Medilip Líquidos Orales Bayamo
2	Laboratorio MEDSOL	15	Laboratorio 8 de Marzo
3	Unidad Importadora Exportadora FARMACUBA	16	Laboratorio AICA - UEB CITOSTÁTICOS
4	EES Empresa Laboratorio AICA	17	BIOCEN
5	Laboratorio NOVATEC	18	CIMABS.A
6	EMED	19	Laboratorio DALMER
7	CIGB Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología	20	EESEMP Centro de Histoterapia Placentaria
8	Laboratorio CIDEM	21	Laboratorio LIORAD
9	Laboratorio Reinaldo Gutiérrez	22	Laboratorio Carlos J. Finlay
10	Laboratorio Roberto Escudero	23	EMSUME
11	Laboratorio Julio Trigo	24	Laboratorio MATHISA
12	Hemoderivados	25	Centro de INMUNOENSAYO (CIE)
13	Laboratorio Oriente	26	Plataforma Logística (Droguería Nacional)

Fuente: Departamento Comercial

2.2 Diagnóstico de la gestión de inventarios en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque

Para realizar el diagnóstico de la gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque se emplean diferentes técnicas, entre las que cabe destacar la observación y la entrevista no estructurada. Esta última se realiza empleando el software estadístico Sample (Anexo No. 9), el cual, para una población de 116 trabajadores, un nivel de confianza del 95% y una precisión del 10% la muestra a seleccionar resultante es de 53 trabajadores. Esta técnica tiene como objetivo determinar las causas que provocan las deficiencias de la gestión de inventarios en la UEB. Para suplementar la misma se emplea, además, el examen crítico y la tormenta de ideas permitiendo agrupar los problemas relacionados con la gestión de inventarios.

La UEB MM Droguería Mayabeque utiliza el sistema informático SISCONT para todo el proceso contable-financiero que se realiza y para la gestión de los inventarios emplea el

sistema informático MISTRAL. Los cuales no están interconectados, trayendo como consecuencias que las operaciones de facturación, recepción, y otras se tengan que realizar dobles lo que aumenta la probabilidad de error y genera duplicidad de información.

2.2.1 Método de control de ubicación de los productos

Se utiliza el sistema informático MISTRAL que facilita la ubicación del producto por secciones. Los productos en el almacén se ubican por formas farmacéuticas identificadas en cada sección, se organiza en orden alfabético siempre que la capacidad de almacenamiento lo permita, separados por lotes y teniendo en cuenta el vencimiento. Se ubican en pallet y estanterías cumpliendo las normas de almacenamiento.

2.2.2 Trazabilidad del producto

A través del sistema informático MISTRAL se mantiene el control de la trazabilidad de los productos, el cual refleja tanto en predespacho y facturas, la cantidad por lotes despachados a cada cliente, facilitando una localización rápida de cada lote de producto. Se refleja desde la recepción hasta la expedición. El producto se recibe en recepción donde se revisa y se realiza la inspección de entrada según lo establecido en los procedimientos. Luego se traspasa a las diferentes secciones para su almacenamiento y despacho. Cada sección entrega al área de expedición los productos solicitados por los clientes los cuales son llevados a las diferentes instituciones de salud de la provincia Mayabeque garantizando la calidad en el producto recibido.

Aparece en copia dura de un registro de control de lotes el cual da la opción del cuadro por lotes (aparece el registro de los lotes y vencimiento de los medicamentos ubicados en áreas para la venta, Reserva Movilizativa, FAR y Estatal).

Cuentan con tarjetas de estiba para cada producto donde refleja el número de los documentos predespachado por producto y cliente perteneciente al procedimiento junto con todas las salidas y entradas que recibe el producto, así como la existencia final del mismo.

La trazabilidad se ve afectada en ocasiones por deficiencias en el sistema de codificación que posee en la actualidad la UEB MM Droguería Mayabeque.

2.2.3 Sistema de codificación de productos, clientes y proveedores

Una adecuada gestión de inventarios debe tener como premisa un sistema de codificación que permita la identificación de cada uno de los productos, debe existir un único código para cada producto.

En la UEB para el control de los productos existe un sistema de códigos que identifica al producto por almacén, el mismo es dado por el proveedor de dicho producto. Actualmente en la UEB existen dificultades con respecto al tema ya que puede encontrarse un mismo producto con diferentes tarjetas de estiba debido a que el proveedor cambia el código, la descripción o precio del producto. Sin un sistema de códigos adecuado se hace imposible una gestión de inventarios eficaz y eficiente.

En cuanto a los clientes y proveedores existe un sistema de código dado por la UEB con el objetivo de viabilizar el trabajo, en el caso de los proveedores no está relacionado con el código que los identifica a nivel nacional. Se considera que el cambio de los códigos de los proveedores trae consecuencias negativas ya que dentro de la UEB se maneja de una forma y fuera de otra, ocasionando confusiones con los clientes y otras partes interesadas.

2.2.4 Rotación de los productos

El Grupo Contable Financiero es el encargado de realizar el inventario al 10% que se realiza mensualmente, con los productos seleccionados aleatoriamente que escoge el sistema informático MISTRAL.

Se tiene en cuenta la rotación constante de los productos que son almacenados en la reserva a través del sistema informático MISTRAL que rota automáticamente los lotes que están almacenados en las reservas, cuando entran lotes de vencimiento más lejano emite un documento donde se reflejan las operaciones que debe realizar el dependiente para que no pase inadvertido.

El técnico de calidad del área vela porque ningún producto se venza, ocurriendo de la misma forma para los medicamentos de distribución para la venta. Utilizan como método el primero en vencer es el primero en salir.

2.2.5 Registro de control de fecha de vencimiento

Existe un registro de control de fecha de vencimiento y un comité de vencimiento que se reúne mensualmente para velar por los productos con estrecho margen terapéutico. Con el objetivo de realizar gestiones para impedir que venza. Se confecciona un informe con 9 meses vistos y así detectar algún producto que esté llegando a su expiración. (Anexo No. 10)

2.2.6 Demanda de los productos

La demanda de los productos (D) es la actividad más dinámica de la gestión de inventarios, además de ser el punto de partida del aprovisionamiento.

La proyección de la demanda es una forma de asegurar que no existan excesos o rupturas de inventarios que traiga aparejado altos costos o bajos niveles de inventarios.

La UEB realiza un control periódico sobre las demandas de los productos que efectúan las diferentes instituciones de salud de la provincia para saber el % de cumplimiento de la demanda anual (Anexo No. 11). Existen deficiencias en cuanto a la forma de gestionar la demanda por parte de las instituciones de salud porque en ocasiones los productos se encuentran largos períodos de tiempo en el almacén, por lo cual en la actualidad la UEB está obligada a colocar cláusulas en los contratos con los clientes que permiten facturarles lo que demandaron y no solicitan en el pedido. Al cierre de cada mes se realiza una distribución de acuerdo a la demanda de cada unidad con los productos que no fueron solicitados en los pedidos.

En base a la demanda que realizan las instituciones de salud se crean los máximos y mínimos correspondiente a la política de cobertura, cuando las existencias reales están por debajo del 60% del mínimo es que se realizan los pedidos a la UEB MM Droguería Mayabeque, estos pedidos se realizan cada 15 días. La UEB sirve los pedidos a completar 45 días de cobertura en las instituciones de farmacia y 60 días para las instituciones de salud.

Los pedidos realizados por las instituciones de salud se reciben de forma digital a través de un documento elaborado por la UEB, que permite ser cargado en el sistema informático

MISTRAL (Anexo No. 12). Luego de servido el pedido se determina a qué por ciento (%) se pudo servir el mismo teniendo en cuenta la disponibilidad de los productos en el almacén y las faltas, ya sean provinciales o nacionales. (Anexo No. 13)

El sistema informático MISTRAL facilita algunas de las operaciones que se realizan en la gestión de los inventarios como son las mencionadas anteriormente, pero no satisface al 100% la planificación de los inventarios, ya que no calcula el punto de pedido, el ciclo de reaprovisionamiento y el ciclo de gestión de los pedidos, provocando el manejo deficiente de estos.

Las principales deficiencias detectadas en el diagnóstico de la gestión de los inventarios se resumen en:

1. Problemas en el sistema de codificación e identificación de los proveedores y los productos a gestionar.
2. Existen problemas con la planificación de la demanda.
3. No se evidencia el cálculo de la tasa anual del costo de almacenaje.
4. No se realizan los cálculos para determinar el costo de un pedido.
5. No se controla el ciclo de reaprovisionamiento de los pedidos.
6. No aplican un procedimiento para gestionar los inventarios.

Por la importancia de la gestión de los inventarios y dentro de ello su planificación se hace necesario aplicar un modelo matemático que permita el cálculo del inventario óptimo para satisfacer la demanda de los clientes en la cantidad, calidad y tiempo requerido.

2.3 Métodos empleados en la investigación

Método Teórico

Posibilitan la explicación de los hechos y la profundización en las relaciones esenciales y las cualidades fundamentales de los procesos no observables directamente. Se emplea el Análisis y síntesis, así como el Análisis documental, para el estudio de las diferentes fuentes de información incluyendo INTERNET.

El Análisis histórico – lógico permite estudiar la evolución de los modelos matemáticos de gestión de inventarios. El método Inductivo - Deductivo potencia obtener conclusiones después del estudio de los resultados obtenidos con el empleo de los métodos de Abstracción e Integración, que permitirán el aislamiento de las relaciones y propiedades

esenciales del objeto para la definición de conceptos y categorías como reflejos en el pensamiento de la realidad que se estudia.

Se utilizan métodos propios del área del conocimiento particular que se aborda como el Análisis Pareto y el Diagrama Ishikawa.

Método Empírico

Permiten estudiar los fenómenos observables directamente. Contribuyen a confirmar las hipótesis y las teorías. Se emplea la Investigación científica mediante la Observación y la Entrevista al diagnosticar los argumentos teóricos planteados. El Estudio de casos permite el análisis de diferentes modelos con características específicas de los mismos.

Método Matemático

Las técnicas matemáticas y de Investigación de Operaciones se emplean para dar soluciones al problema planteado: el método de Modelación matemática que sustituye el objeto de investigación por un modelo que refleja de forma simplificada la realidad como vía para realizar abstracciones y aplicar procedimientos lógicos de asimilación teórica de tal realidad; la optimización de variables. Se estudia y realizan pronósticos de la demanda mediante series temporales.

2.4 Modelos matemáticos para la gestión de inventarios

2.4.1 Modelo del tamaño económico del lote (TEL)

La situación de inventarios más común que enfrentan los fabricantes, distribuidores y comerciantes es que los niveles de inventarios se reducen con el tiempo y después se reabastecen con la llegada de nuevas unidades. Una representación buena de esta situación es el modelo de tamaño económico del lote (TEL) o modelo EOQ (Economic Order Quantity). (López *et al.*, 2013) (Hiller, y Lieberman, 2010)

Suponga un almacén de piezas de repuesto que debe suministrar N unidades de una cierta pieza con un ritmo constante a un grupo de talleres de reparación de vehículos automotores durante un tiempo t , o sea existe una demanda fija y conocida. Por las condiciones del contrato de abastecimiento, el almacén no puede dejar de suministrar las piezas cuando los talleres de reparación las necesiten, es decir, no puede quedarse sin existencias habiendo demanda del producto (piezas).

Esto último indica que el costo de agotamiento (costo de ruptura o costo de faltantes) es infinito y por tanto no puede permitirse su ocurrencia.

La consideración de que el costo de agotamiento es infinito, condiciona que no se incluya en el análisis dado que se parte del supuesto de que la administración de los inventarios incluirá la adopción de medidas para que no ocurra el agotamiento.

Por tanto, los costos variables asociados con el movimiento de las existencias son: c_s , costo de conservación por unidad de producto (pieza) por unidad de tiempo; c_i , costo de obtención del pedido. El almacén recibe las piezas que solicita de forma conjunta, o sea el pedido completo, e inmediata de manera que el periodo de entrega se considera nulo. El periodo a planificar lo denotaremos por ϕ .

La dirección del almacén necesita determinar las cuestiones:

- a) ¿Qué tamaño debe tener cada lote solicitado, o sea, cuántas piezas pedir en cada lote de reabastecimiento?
- b) ¿Con qué frecuencia debe solicitar un lote, o sea, cada cuánto tiempo se debe emitir un pedido de reabastecimiento?
- c) ¿Cuál sería el costo total relevante de esa política, o sea, cuál sería el costo total de hacer las cosas de la mejor manera posible?

Si se analiza el planteamiento de este problema se advierte que contiene los siguientes supuestos:

- Es un modelo determinista ya que la demanda es conocida y de tamaño N . Cuando se trabaja el modelo para un año en lugar de N se la demanda se denota mediante D .
- La demanda es constante y continua para todo el período de planificación ϕ .
- El periodo de planificación ϕ es finito o infinito.
- El costo de lanzamiento del pedido (C_i) o costo de obtención es constante e independiente del tamaño del lote.
- El costo de conservación (C_s) es constante por unidad física y de tiempo.
- El costo de agotamiento (C_p) o costo de ruptura del inventario es infinito o sea que no se permite el agotamiento.

- El inventario mínimo es igual a cero.
- En cada pedido se obtendrán n unidades (tamaño del lote).
- El periodo de entrega es virtualmente nulo. Las órdenes se formulan para que los artículos estén disponibles en el momento en que el inventario sea cero y se satisfacen en el acto, es decir, las entregas son inmediatas.

La situación descrita puede representarse gráficamente como sigue:

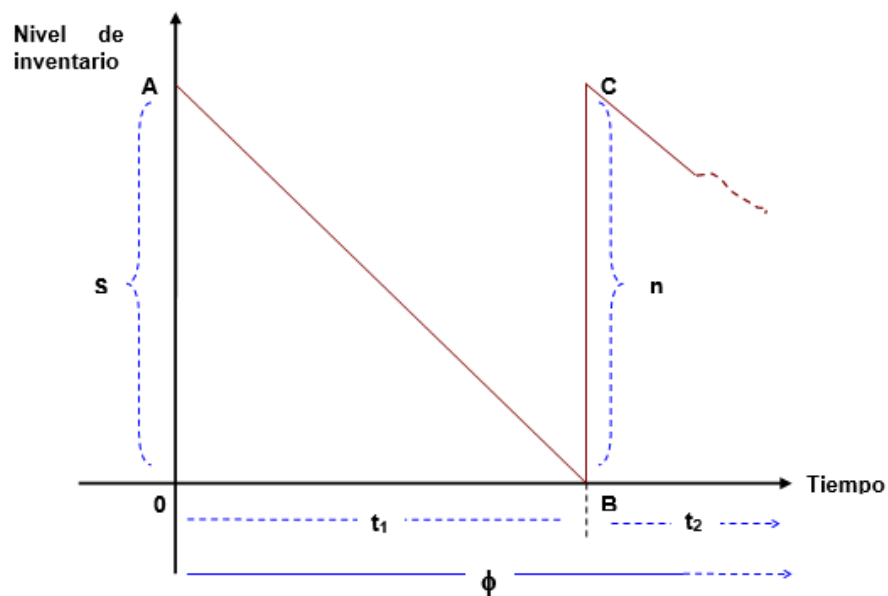


Figura 2.1 Modelo TEL sin faltantes

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, el segmento de recta que une los puntos A – B representa la disminución del nivel de inventario (cantidad de productos almacenados) a medida que transcurre el tiempo, debido a que durante ese período t_1 es preciso satisfacer la demanda de tales productos. El nivel de inventario inicial está representado por S .

Cuando el nivel de inventario es cero (existencias agotadas), se realiza inmediatamente un reabastecimiento o reaprovisionamiento de productos de tamaño n , o sea, se pide y recibe de inmediato un lote de n productos. Este lote repone el nivel de inventario inicial, lo que significa que $S = n$.

A partir de este momento, comienza otro ciclo representado por un segundo período de tiempo t_2 . Nótese que al asumir que la procura es constante para todo el período de planificación ϕ , el segmento de recta que comienza en el punto C debe tener la misma pendiente que el segmento de recta A – B, o sea, son paralelos. Lo anterior condiciona que t_2 tiene la misma extensión que t_1 .

Esta forma de representar el modelo TEL sin faltantes permitido, permite realizar un análisis geométrico que no es necesario incluir aquí, y que posibilita llegar a la siguiente expresión del costo total:

$$CTR_{(n)} = C_s \frac{n}{2} \phi + C_L \frac{N}{n} \quad (1)$$

Examinando esta ecuación se puede percibir que los dos términos de la derecha representan los costos totales de conservación del inventario y el total de los costos de obtención respectivamente.

La solución de este modelo de inventario consiste entonces en encontrar un valor dado de n , a saber, n_0 , para el cual la suma de estos dos costos sea mínima.

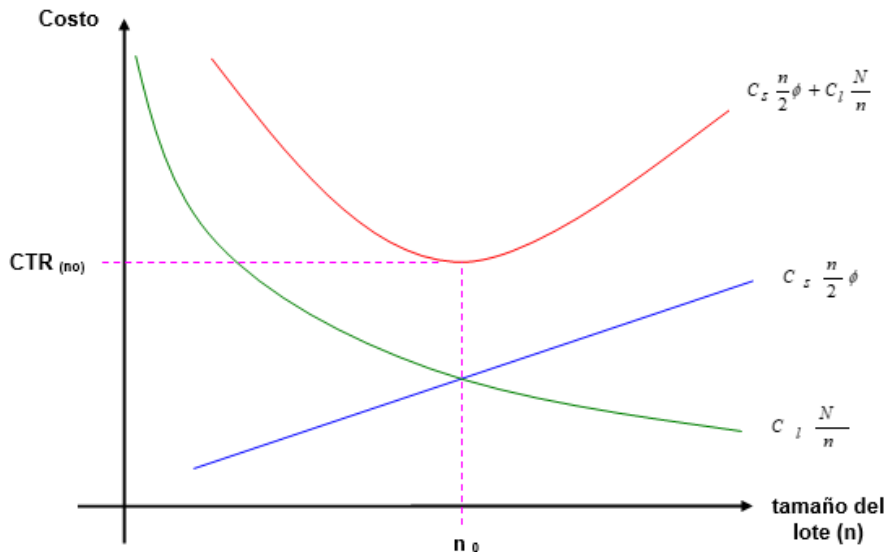


Figura 2.2 Costos del modelo TEL

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el tamaño óptimo del lote (n_0) y el valor mínimo de $CTR_{(n)}$ pueden emplearse dos métodos:

- Mediante el cálculo diferencial elemental.
- Utilizando la propiedad que expresa que, a partir de la suma de dos términos que contienen la misma variable y cuyo producto sea constante, el mínimo de la suma estará donde ambos términos sean iguales.

En resumen, las fórmulas son:

$$n_0 = \sqrt{2 \frac{CI \cdot N}{Cs \phi}} \quad (2)$$

Para determinar el período t óptimo (t_0), se sustituye en:

$$t = \frac{\phi}{N} n \quad (3)$$

el valor n_0 encontrado anteriormente, y se obtiene:

$$t_0 = \frac{\phi}{N} \sqrt{2 \frac{CI \cdot N}{Cs \phi}} \quad (4)$$

Por tanto

$$t_0 = \sqrt{2 \frac{\phi CI}{N \cdot Cs}} \quad (5)$$

Teniendo n_0 podemos calcular el óptimo de $CTR_{(n)}$ substituyendo en (1):

$$CTR_{(n_0)} = Cs n_0 \phi / 2 + C_L N / n_0 \quad (6)$$

o sea, substituyendo (4) en la expresión anterior (8) y simplificando se llega a

$$CTR_{(n_0)} = \sqrt{2CI Cs \phi N} \quad (7)$$

siendo esta expresión la que proporciona el costo total relevante mínimo.

2.4.2 Modelo TEL con faltante permitido

Este modelo de inventario constituye una extensión del anterior, y trata de reflejar situaciones donde es permisible el agotamiento o ruptura del inventario. Este caso supone

que el costo de agotamiento o ruptura tiene una magnitud finita, lo cual implica que debe ser incluido en el análisis del costo total.

Si el costo de ruptura o agotamiento es finito, una empresa cualquiera puede adoptar una política de inventario que, eventualmente, tome en consideración trabajar en condiciones de agotamiento, es decir, con un nivel cero de inventario existiendo demanda del producto. En estas condiciones, la empresa o almacén no suministra los productos demandados asumiendo los costos que dicho incumplimiento en las entregas puede generar, y acumulando demanda por satisfacer.

Evidentemente, esta situación se mantendrá por un período de tiempo finito, hasta que la entidad decida reaprovisionar. Para ello tendrá que pedir un tamaño del lote que, además de reponer las existencias iniciales, permita satisfacer la demanda acumulada durante el período de agotamiento. Es por ello, que intuitivamente, se debe esperar que, bajo las condiciones del modelo con agotamiento permitido, el tamaño del lote (n) y el período de reabastecimiento (t) sean mayores.

Cabría preguntarse por qué una entidad pudiera desear mantener niveles de inventario cero existiendo demanda que satisfacer e incumpliendo con las entregas. La respuesta tiene que ver con el hecho de que, al ser finito el costo de agotamiento, en un determinado momento, pudiera estar económicamente justificado, asumir las consecuencias negativas del agotamiento, antes que mantener algún nivel de inventario positivo, con el consiguiente costo de conservación o almacenaje.

Por ello, mientras menor sea el costo de ruptura o agotamiento en comparación con el costo de conservación, mayor será el período de tiempo de agotamiento y menor el período de tiempo de almacenaje.

Parece evidente suponer que, si el costo de conservación es muy elevado en relación al costo de ruptura, entonces una empresa podría conseguir economía de recursos financieros manteniendo niveles cero de inventario (existiendo demanda del producto y, por consiguiente, sin cumplir con las entregas contratadas), reabasteciendo en períodos de tiempo más largos y asumiendo los costos relacionados con el incumplimiento de las entregas.

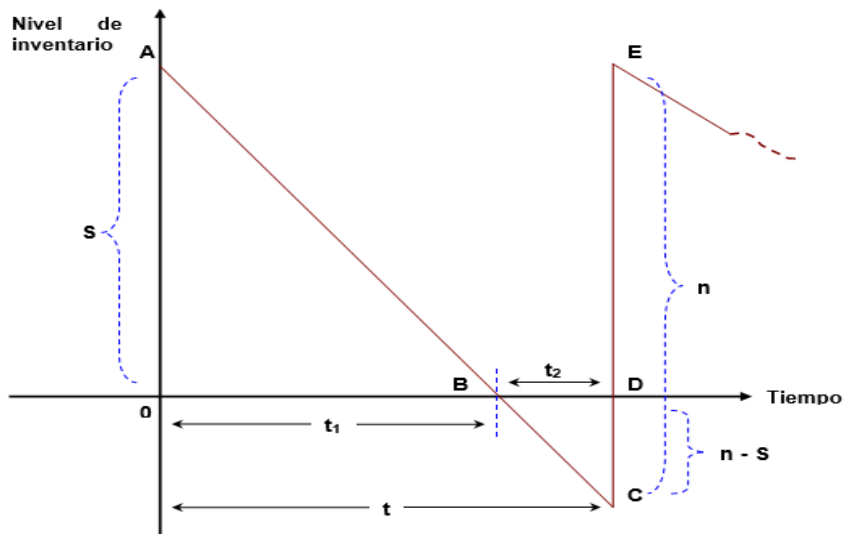


Figura 2.3 Modelo TEL con faltantes

Fuente: Elaboración propia

Observe que del punto A al B, el nivel de inventario de productos en el almacén va disminuyendo hasta hacerse cero. Del punto B al C, el nivel de inventario se mantiene con valor cero, y se acumula la demanda insatisfecha de productos. El segmento de recta del punto C al E indica el reabastecimiento, asumiendo el supuesto de que las entregas son inmediatas.

Verifique que durante un período t_1 del intervalo t , el nivel de inventario es suficiente para satisfacer la demanda. Al final de este período, el inventario se agota y durante el tiempo t_2 no hay existencias.

La demanda que se produce en t_2 puede tratarse de dos formas como sigue:

- se pierden los pedidos (demanda insatisfecha).
- se anotan y se acumulan los pedidos (demanda acumulada), solicitándose como parte del reaprovisionamiento del próximo período y satisfaciendo con la llegada del lote.

El caso (a) implica una pérdida por concepto de ganancias dejadas de obtener, o sea, un costo de oportunidad que en algunos casos puede ser estimado.

Por otro lado, normalmente la demanda acumulada no se pierde, quedando pendiente hasta que pueda ser satisfecha con el siguiente reabastecimiento. Entonces el costo por faltantes o ruptura se puede interpretar como la pérdida de imagen o prestigio con los clientes debido al atraso, el costo por las ganancias atrasadas, las posibles multas por incumplimiento de contrato y el trabajo adicional que representa pedir lotes de reabastecimiento mayores, considerando que además del nivel inicial de inventario que debe reponerse, el lote debe cubrir la satisfacción de la demanda acumulada.

Precisamente, el segmento de recta del punto D al E, representa el volumen de la demanda acumulada durante el período de tiempo t_2 . Observe en el gráfico que el tamaño del lote (n), debe ser capaz de garantizar la reposición del nivel de inventario inicial (S) y la satisfacción de la demanda acumulada ($n - S$).

La inclusión del costo por faltantes o costo de ruptura en el análisis se puede formalizar de la siguiente forma: ahora se permiten faltantes planeados, cuando ocurran faltantes (hay demanda y no existencias) los clientes afectados esperan que el producto esté nuevamente disponible. Sus órdenes pendientes se satisfacen inmediatamente cuando llega el lote ordenado para reabastecimiento.

Las fórmulas para el cálculo de los mismos parámetros del modelo TEL sin faltantes son en el caso de este modelo con faltantes:

- Tamaño óptimo del lote

$$n_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{Cs + Cp}{Cp}} \quad (8)$$

- Período óptimo de reabastecimiento

$$t_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{\phi}{N}} \sqrt{\frac{Cs + Cp}{Cp}} \quad (9)$$

- Nivel óptimo de inventario

$$S_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{Cp}{Cs + Cp}} \quad (10)$$

- Costo total relevante óptimo

$$CTR_{(no)} = \sqrt{2.N.\phi.Cs.Cl} \sqrt{\frac{Cp}{Cs + Cp}} \quad (11)$$

El proceso deductivo de las fórmulas anteriores no resulta necesario para los objetivos de este trabajo, sin embargo, se considera importante subrayar que el costo de ruptura (C_p) tiene que ser homogéneo en relación al costo de conservación (C_s), o sea, tiene que estar expresado por unidad física de producto y por unidad de tiempo.

Una comparación de los modelos es posible y útil; para eso se utiliza como soporte el siguiente cuadro:

Tabla 2.3 Parámetros fundamentales de los modelos TEL

Modelo Parámetros	Modelo TEL sin faltantes	Modelo TEL con faltantes
Tamaño óptimo do lote	$n_0 = \sqrt{2 \frac{Cl.N}{Cs \phi}}$	$n_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{Cs + Cp}{Cp}}$
Nivel óptimo de inventario	$S_0 = n_0$	$S_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{Cp}{Cs + Cp}}$
Período óptimo de reabastecimiento	$t_0 = \sqrt{2 \frac{\phi Cl}{N.Cs}}$	$t_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{\phi}{N}} \sqrt{\frac{Cs + Cp}{Cp}}$
Costo total relevante óptimo	$CTR_{(no)} = \sqrt{2ClCs \phi N}$	$CTR_{(no)} = \sqrt{2.N.\phi.Cs.Cl} \sqrt{\frac{Cp}{Cs + Cp}}$

Fuente: Elaboración propia

Como primer elemento de análisis puede observarse que S_0 y n_0 son iguales para el modelo TEL sin faltantes. Eso parece claro bajo las condiciones del modelo. Cuando no se permiten faltantes, el reabastecimiento ocurre inmediatamente que el nivel de inventario se hace cero (ver Figura 2.1), por consiguiente, el tamaño del lote coincide con el nivel de inventario inicial. Esto significa, cada ciclo comienza con el mismo nivel de inventario, que es equivalente a la cantidad de producto que es reabastecida.

Para el caso del modelo TEL con faltantes permitidos, S_0 y n_0 no tienen que coincidir. Dado que la ruptura del nivel de inventario es permitida, cuando el nivel de existencia se hace cero, se comienzan a acumular las órdenes pendientes hasta un punto que se decide reabastecer.

Entonces, el tamaño del lote debe incluir las órdenes pendientes del ciclo anterior y garantizar el nivel de inventario inicial, lo cual significa que, por definición, el tamaño del lote debe ser mayor que el nivel de inventario. En general $n_0 \geq S_0$. (Vea gráfico 2.3)

Por otro lado, observe que los parámetros n_0 , t_0 y $CTR_{(n_0)}$ del modelo TEL con faltantes para su cálculo, incluyen el modelo sin faltantes. Verifique:

$$n_0 \text{ (con faltantes)} = n_0 \text{ (sin faltantes)} \times \sqrt{\frac{C_s + C_p}{C_p}} \quad (12)$$

$$t_0 \text{ (con faltantes)} = t_0 \text{ (sin faltantes)} \times \sqrt{\frac{C_s + C_p}{C_p}} \quad (13)$$

$$CTR_{(n_0)} \text{ (con faltantes)} = CTR_{(n_0)} \text{ (sin faltantes)} \times \sqrt{\frac{C_p}{C_s + C_p}} \quad (14)$$

Se conoce que el costo de ruptura C_p y el costo de conservación C_s , son valores positivos.

Por tanto, la expresión $\sqrt{\frac{C_s + C_p}{C_p}}$ es un valor mayor que 1, y la expresión $\sqrt{\frac{C_p}{C_s + C_p}}$

es un valor menor que 1.

Lo anterior permite comprobar que el tamaño óptimo del lote (n_0) para el modelo TEL con faltantes permitidos, debe ser mayor que el tamaño óptimo del lote para el modelo TEL sin faltantes porque ese lote de reabastecimiento debe incluir la satisfacción de las órdenes acumuladas durante el período t_2 (período de ruptura del nivel de inventario).

El período óptimo de reabastecimiento (t_0) para el modelo con faltantes también debe ser mayor que para el modelo sin faltantes, porque se asume que transcurre más tiempo antes de reabastecer. De hecho, hay un período de tiempo (t_2) durante el cual el nivel de inventario es cero y se acumula la demanda mediante órdenes pendientes.

El costo total relevante para el modelo con faltantes debe ser menor que para el modelo sin faltantes. (Verifique la expresión 14). Esto se explica porque al admitirse la ocurrencia de faltantes, la política de inventario se hace más flexible, o sea, es posible seleccionar una forma de administrar los inventarios que permita disminuir el costo total. Recuérdese que para el modelo sin faltantes se asume un costo de ruptura infinito, mientras que para el modelo TEL con faltantes el costo de ruptura es finito (entiéndase menor).

Por último, para el modelo con faltantes, el nivel óptimo de inventario (S_0) no tiene razón para coincidir con el tamaño óptimo del lote (n_0). La fórmula para su cálculo es:

$$S_0 = \sqrt{2 \frac{CI}{C_s} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{C_p}{C_s + C_p}} \quad (15) \quad \text{lo que permite verificar que } S_0 < n_0 \text{ y por tanto, } n_0 - S_0$$

es un valor positivo que representa el volumen de demanda acumulada en órdenes pendientes.

2.7 Softwares utilizados en la investigación

Para el correspondiente análisis estadístico–matemático realizado a los datos de la investigación en el cumplimiento de los supuestos de los modelos y durante el tratamiento de estos y el cálculo de las ecuaciones se utilizan los softwares libres R y RStudio versión 3.4.0 del 2017.

En el análisis estadístico de la muestra en las entrevistas realizadas se emplea el software estadístico Sample. Los análisis Pareto para la selección de los productos a modelar se realizan a través del software Minitab¹⁷.

El diagrama de flujo propuesto para la UEB MM Droguería Mayabeque se elabora mediante el Software Visio 2010.

Conclusiones del capítulo

1. La investigación se realiza en el período enero 2018 - enero 2019 en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Mayorista de Medicamentos (MM) Droguería Mayabeque pertenece a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED). Estructuralmente esta forma parte del Grupo de las Industrias Biotecnológica y Farmacéutica (BioCubaFarma) del Órgano Superior de Dirección Empresarial (OSDE), subordinada al Consejo de Ministros.
2. Se diagnostica la situación actual de la gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque, permitiendo detectar las principales deficiencias que influyen en el manejo del inventario: problemas en el sistema de codificación e identificación de los proveedores y los productos a gestionar, existen problemas con la planificación de la demanda, no se calculan los parámetros de la gestión de inventarios y no aplican un procedimiento para gestionar los inventarios.
3. Se fundamentan los modelos a aplicar en la investigación (Modelo del tamaño económico del lote (TEL) sin faltante permitido y con faltante permitido). Se muestran las expresiones de cálculo y se analizan los modelos.

Capítulo III: Resultados y discusión

En el presente capítulo se determinan los elementos de los inventarios necesarios para la modelación de los mismos. Dígase los diferentes costos, los niveles de inventario promedio y la tasa de interés entre otros. Se aplican los modelos EOQ con y sin faltantes y se discuten los resultados.

3.1 Cálculo de los elementos necesarios para modelar

3.1.1 Análisis de las existencias del inventario

Para realizar el análisis de las existencias del inventario se realiza un estudio de la demanda de todos los productos con el objetivo de identificar los productos de mayor consumo en el año 2017, para esto se utiliza el Diagrama Pareto, realizado en el software Minitab 17, que permite seleccionar los productos vitales para realizar el procedimiento de planificación de los inventarios.

La UEB MM Droguería Mayabeque cuenta con un total de 1229 productos los cuales se encuentran distribuidos en las diferentes secciones con que cuentan, como se muestra en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1: Distribución de los productos

Sección	Cantidad de productos
Sección 1	241
Sección 2	276
Sección 3	699
Sección D	13
Total	1229

Fuente: Departamento comercial

Debido al alto volumen de productos con que cuenta en la actualidad la UEB fueron ordenados las demandas anuales de mayor a menor y seleccionados los 30 productos de mayor consumo en el año 2017. Donde sobresalen las tabletas y los reactivos nacionales e internacionales. (Anexo No. 14)

Se utiliza el Diagrama Pareto (Anexos No. 15-16-17) para determinar los productos de la zona A. Estos constituyen los de mayor orden de importancia. Se obtienen como resultado los productos sobre los cuales se realiza el procedimiento de planificación de los inventarios. En la Tabla 3.2 se muestran dichos productos.

Tabla 3.2: Productos de mayor orden de importancia

Criterio de Agrupamiento	Descripción	Demanda 2017
Medicamento (Tabletas)	Dipirona 300 Mg X 10 Tabletas	4 000 000
Reactivos Nacionales	Tiras Reactivas De Glucosa P/Glucómetros (Biosensor Suma) Paq X 10 Tiras + 10 Lancetas	300 000
Reactivos Internacionales	Bioindicadores Caja X 50 Ámp	25 336

Fuente: Departamento comercial

Clasificación de los productos a gestionar:

Para la gestión de los inventarios es necesario relacionar todos los productos en grupos con características comunes atendiendo a varios criterios de clasificación, así como asociar dichos grupos o familias con los proveedores y conformar la relación artículos - proveedores, a partir de la cual se podrán determinar los diferentes ciclos de gestión según la agrupación de los proveedores y llevar acciones con el fin de lograr una adecuada gestión de los inventarios en los grupos objetos de estudio.

Criterios de clasificación de los productos:

- Por proveedor:

Cada producto en inventario debe estar vinculado con su(s) proveedor(es) como una de las premisas para la gestión de inventarios. Los diferentes proveedores correspondientes a los

diferentes productos se muestran en el Anexo No. 18. A continuación en la Tabla 3.3, se exponen los proveedores de los productos utilizados en el presente trabajo.

Tabla 3.3: Proveedores

Productos	Proveedor
Dipirona 300 Mg X 10 Tabletas	MEDSOL
Tiras Reactivas De Glucosa P/Glucómetros (Biosensor Suma) Paq X 10 Tiras + 10 Lancetas	CIE
Bioindicadores Caja X 50 Ámp	CIE

Fuente: Departamento comercial

- Por tipo de producto:

La clasificación según el tipo de producto se realiza partiendo de los criterios actuales de agrupamiento de los especialistas de la UEB MM Droguería Mayabeque. En la Tabla 3.4 se muestran los grupos según el tipo de producto.

Tabla 3.4: Grupos según el tipo de producto

Grupo	Tipo de Producto	Grupo	Tipo de Producto
I	Tabletas	VIII	Productos Asépticos e Higiénicos Sanitarios
II	Líquidos	IX	Polvos y Suspensiones
III	Inyectables	X	Sueros
IV	Cremas y Ungüentos	XI	Productos Dentales
V	Productos de Frío	XII	Efectos Similares
VI	Materias Primas	XIII	Material de Envase
VII	Productos Químicos y Medios de Diagnóstico	XIV	Drogas

Fuente: Elaboración propia

Conformación de los grupos de productos - proveedor:

La conformación de los grupos de productos - proveedor es importante para determinar el ciclo de gestión de un pedido. A continuación, se muestran los productos seleccionados para realizar este trabajo.

Tabla 3.5: Grupos de productos – proveedor

Grupo	Tipo de Producto/ Descripción	Proveedor
I	Tabletas/ Dipirona 300 mg x 10 tabletas	MEDSOL
V	Productos de Frío/ Bioindicadores caja x 50 ámp	CIE
VII	Productos Químicos y Medios de Diagnóstico/ Tiras reactivas de glucosa p/glucómetros (Biosensor Suma) paq x 10 tiras + 10 lancetas	CIE

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el cálculo de los indicadores de la gestión de inventarios es necesario considerar los componentes esenciales asociados a los costos de inventario. Para obtener los datos esenciales se realiza el análisis de los documentos propios de la UEB como por ejemplo el Balance de Comprobación al cierre del año 2017, entre otros, y la entrevista no estructura al total de trabajadores del centro de distribución y el grupo contable financiero.

3.1.2 Ciclo de gestión de un pedido

El ciclo de gestión de un pedido (L) es uno de los indicadores que son determinantes en el reaprovisionamiento, de ahí que una adecuada gestión de este elemento permita que en la organización no existan excesos de inventario o ruptura de este.

El ciclo de gestión de un pedido al proveedor es el tiempo que transcurre desde que se efectúa un pedido al proveedor hasta que los materiales llegan a la entidad.

La UEB MM Droguería Mayabeque no consta de un registro de pedidos del que se pudiese obtener las fechas de solicitud y recepción de un pedido. Por ello los datos de las fechas fueron estimados según el grupo comercial y el jefe del centro de distribución.

Se obtuvo L utilizando la siguiente expresión:

$$L = X_{media} + K_s \times Sigma$$

Donde:

$$X_{media} = (a + 4b + c)/6$$

K_s: coeficiente de seguridad para un nivel de confianza de 95%.

$$K_s = 1.64$$

Sigma: desviación típica de la demanda diaria

$$Sigma = (c - a)/6$$

a: tiempo optimista

b: tiempo más probable

c: tiempo pesimista

$$Estabilidad = 1 - (Sigma / X_{media})$$

Los datos para el cálculo de Sigma se muestran en la Tabla 3.6:

Tabla 3.6: Tiempos estimados para la gestión de un pedido

Producto/ Tiempo	Dipirona 300 mg x 10 tabletas	Tiras reactivas de glucosa p/glucóm etros (Biosenso r Suma) paq x 10 tiras + 10 lancetas	Bioindica dores caja x 50 ámp
a	15 días	20 días	22 días
b	20 días	25 días	27 días
c	30 días	30 días	35 días

Fuente: Elaboración propia

Según el agrupamiento de producto - proveedor visto anteriormente, se calcula el ciclo de gestión de un pedido para cada uno de los proveedores analizados teniendo en cuenta el producto. Los resultados se resumen de la forma siguiente:

Tabla 3.7 Valores del ciclo de gestión de un pedido

Proveedores	X_{media} (días)	Sigma	Ciclo de gestión (días)	Estabilidad (%)
MEDSOL	20.83	2.5	24.93 $\approx$ 25	87.99
CIE	25	1.66	27.72 $\approx$ 28	93.36
CIE	27.5	2.16	31.04 $\approx$ 32	92.14

Fuente: Elaboración propia

En la figura que aparece a continuación se muestra el comportamiento de los ciclos de gestión de un pedido para los grupos de proveedores:

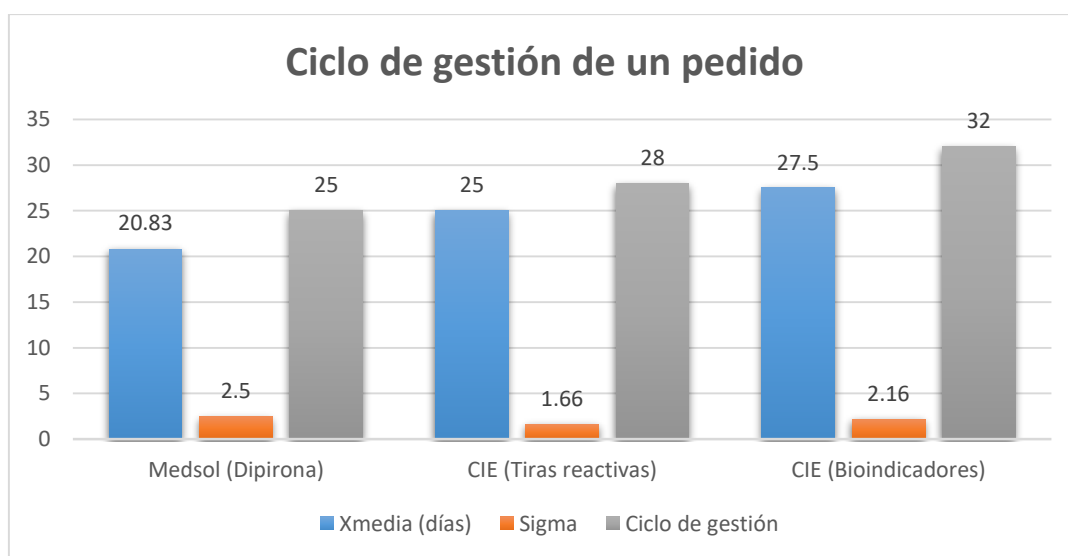


Figura 3.1: Valores del ciclo de gestión de un pedido por grupo de proveedor

Fuente: Elaboración propia

La figura muestra que entre el valor del ciclo de gestión (L) y el valor medio existe una distancia prudencial y sigma permanece con valores bajos. Cabe destacar que la estabilidad es alta por lo que se puede clasificar los ciclos estables.

3.1.3 Costo de efectuar los pedidos

El costo de efectuar un pedido expresa cuanto le cuesta a la empresa realizar un pedido a los proveedores en la gestión de compra de cualquier producto, por lo cual es un indicador muy importante para la gestión de inventarios. El costo de los pedidos varía teniendo en cuenta que la gestión de los pedidos no genera iguales costos según la complejidad y diferencias de los distintos proveedores.

La determinación del costo de efectuar un pedido se realiza a partir de la siguiente metodología de (López, 2004):

- 1) Determinación de la cantidad de pedidos realizados en cada grupo de productos - proveedores.

Tabla 3.8: Cantidad de pedidos por grupo de proveedores

Grupos	Proveedores según naturaleza del producto	Cantidad de pedidos (en el año 2017)
I	MEDSOL	24
V	CIE	24
VII	CIE	24
Total		72

Fuente: Elaboración propia

- 2) Determinación de los criterios de agrupamiento de las partidas de gastos.

Los criterios de agrupamiento de las partidas de gastos para el análisis de los gastos asociados directamente a la gestión de los pedidos se muestran a continuación:

1. Tiempo de trabajo
2. Comunicaciones

Es importante resaltar que los gastos asociados a la transportación son asumidos por los proveedores y no por la UEB.

- 3) Calcular los gastos correspondientes a cada criterio de agrupamiento de las partidas.

- Determinar las partidas de gastos asociadas a cada criterio según el agrupamiento. La información se obtuvo del Balance de Comprobación al cierre del año 2017 en la Tabla 3.9, se muestran las partidas asociadas al costo de efectuar un pedido.

Tabla 3.9: Partidas correspondientes al gasto asociado a cada criterio según el agrupamiento

No.	Criterio de agrupamiento de las partidas	Partidas correspondientes
1	Tiempo de Trabajo	Salario Básico
		Descanso Retribuido
		Contribución a la Seguridad Social
		Impuesto a la Fuerza de Trabajo
		Pago por Resultado
2	Comunicaciones	Servicio de Comunicaciones
		Servicio e Insumos de Computación

Fuente: Elaboración propia

- Calcular el valor correspondiente a cada criterio de agrupamiento de las partidas anteriores. En la Tabla 3.10, se muestran los gastos correspondientes a cada criterio de agrupamiento.

Para el cálculo del gasto de tiempo de trabajo se tomó como base a los 36 trabajadores que integran el centro de distribución y las brigadas.

En cuanto al cálculo del gasto de comunicaciones se estima que el 40% corresponde al costo de efectuar un pedido y el restante 60% a administración.

Tabla 3.10: Gastos correspondientes a cada partida de agrupamiento

No.	Criterio de agrupamiento de las partidas	Valor (\$)
1	Tiempo de Trabajo	224 234.64
2	Comunicaciones	11 974.40

Fuente: Elaboración propia

4) Determinación del coeficiente de complejidad por grupo proveedor y por criterio de agrupamiento de las partidas de gastos.

Teniendo en cuenta los criterios de agrupamiento de las partidas de gastos y según los grupos de proveedores conformados se determinó el coeficiente de complejidad dado el criterio de los especialistas de compra a partir de su experiencia con los proveedores y la comparación de los diferentes grupos conformados al establecerse niveles de complejidad entre ellos, prefijándose el nivel 1 como el menos complejo, al 2 como el doble de complejo, y así sucesivamente con otros valores, tomándose siempre como referencia al nivel 1. El coeficiente de complejidad se muestra en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11: Coeficiente de complejidad de los grupos de proveedores

Criterios de agrupamiento de las partidas	Grupo I	Grupo V	Grupo VII
Tiempo de Trabajo	2	1	2
Comunicaciones	2	1	1

Fuente: Elaboración propia

5) Determinación de la complejidad total por criterio.

Este cálculo se determina atendiendo a cada criterio de agrupamiento y se efectúa a través de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \textit{Complejidad total} \\ &= \sum (\textit{Coeficiente de complejidad para el grupo} \\ & \quad * \textit{Cant de pedidos del grupo}) \end{aligned}$$

Tabla 3.12: Complejidad total por criterio

	Grupo I	Grupo V	Grupo VII	Complejidad
Cantidad de pedidos	24	24	24	
Coeficiente de complejidad del criterio 1	2	1	2	
Complejidad del criterio 1	48	24	48	120
Coeficiente de complejidad del criterio 2	2	1	1	
Complejidad del criterio 2	48	24	24	96

Fuente: Elaboración propia

6) Cálculo del costo por unidad de complejidad.

El costo se determina siguiendo la expresión siguiente:

Costo por unidad de complejidad

= Costo del criterio de agrupamiento de las partidas/ Complejidad total

Tabla 3.13: Costo por unidad de complejidad

Criterios	Costo del criterio (\$)	Complejidad total del criterio	Costo por unidad de complejidad ()
1	224 234.64	120	1 868.62
2	11 974.40	96	124.73

Fuente: Elaboración propia

7) Cálculo del costo de efectuar un pedido por grupo de proveedores.

El costo de un pedido por grupo de proveedores se calcula de la siguiente forma:

Costo de un pedido

$$= \sum \text{Costo por unidad de complejidad } i \\ * \text{Coeficiente de complejidad para el grupo } i$$

Los cálculos para el costo de efectuar un pedido por grupo de proveedores de los productos seleccionados se muestran en el Anexo No. 19. A continuación se exponen en la Tabla 3.14 los resultados de dichos cálculos:

Tabla 3.14: Costo de efectuar un pedido por grupo de proveedores

	Grupo I	Grupo V	Grupo VII
Costo de efectuar un pedido(Cf) (\$)	3 986.70	1 993.35	3 861.97

Fuente: Elaboración propia

Es importante conocer el costo de efectuar un pedido ya que este le permite a la empresa utilizarlo en la gestión de los aprovisionamientos como elemento organizador de esta actividad. Conocer cuánto cuesta gestionar un pedido permite determinar de manera eficiente los valores mínimos de compra que resultan efectivos desde un punto de vista económico.

Los costos de gestionar los pedidos de estos grupos son elevados debidos fundamentalmente a que los costos de los criterios son elevados y que se realizan pocos pedidos al año.

3.1.4 Tasa anual de costo de almacenamiento

La tasa anual de costo de almacenamiento (I) es un indicador importante en la gestión de inventario porque se refiere a cuánto cuesta mantener en inventario un peso.

El cálculo de I se efectuó utilizando la siguiente expresión:

$$I = \text{Tasa de interés} + (\sum \text{pérdidas}) / \text{Inventario promedio} \\ + \text{Gastos generales de operación de almacén} / \text{Inventario promedio}$$

Donde:

$$P\acute{e}rdidas = mermas + faltantes + extrav\acute{i}o + ocioso + deterioro$$

El valor de las p\acute{e}rdidas se obtuvo del Balance de Comprobaci3n al cierre del a\~no 2017, por un valor de:

$$P\acute{e}rdidas = \$ 28\,290.23$$

El c\`alculo del inventario promedio se determina a partir del inventario inicial y el inventario final extra\cdotsdos del Balance de Comprobaci3n al cierre del a\~no 2017, utilizando la siguiente ecuaci3n:

$$Inventario\,promedio = (inventario\,inicial + inventario\,final)/2$$

$$Inventario\,promedio = (\$4\,133\,623.36 + \$3\,979\,630.10)/2$$

$$Inventario\,promedio = \$ 4\,056\,626.73$$

Los gastos generales de almac\`en est\`an formados por un conjunto de elementos (salario, aporte a la seguridad social, depreciaci3n, energ\cdotsa el\`ectrica, gastos de materiales y comunicaciones) que se toma tambi\`en del Balance de Comprobaci3n al cierre del a\~no 2017, el cual asciende a un valor de:

$$Gastos\,generales\,de\,operaci3n\,de\,almac\`en = \$ 471\,512.85$$

La tasa de inter\`es bancaria oscila en un 5%, dato obtenido en el Grupo Contable Financiero.

Se procede a calcular I:

$$I = Tasa\,de\,inter\acute{e}s + (\sum p\acute{e}rdidas) / Inventario\,promedio \\ + Gastos\,generales\,de\,operaci3n\,de\,almac\`en / Inventario\,promedio$$

$$I = 0.05 + \$ 28\,290.23 / \$ 4\,056\,626.73 + \$ 471\,512.85 / \$ 4\,056\,626.73$$

$$I = 0.05 + 0.0069 + 0.12$$

$$I = 0.1769$$

El valor de la tasa anual de costo de almacenaje es de 0.1769.

3.1.5 Costo por faltante

El costo por faltantes, como se explicó en el capítulo II, corresponde a la penalización que ocasiona la ausencia o inexistencia de productos en inventario en presencia de demanda. Es el costo en que se incurre por no cumplir los compromisos contraídos (formales o no) de satisfacer la demanda de un producto.

Históricamente, y la tendencia moderna mantiene ese enfoque, existe una comprensión y consenso generalizado del significado de este costo. Tiene que ver con los ingresos dejados de percibir o ventas perdidas a causa de tener los inventarios en cero, la detención de un proceso productivo por falta de materias primas en el momento necesario, el daño económico que produce el fallo en una cadena de suministros o de distribución.

Pero también incluye elementos subjetivos como la pérdida de imagen ante los clientes, la erosión del prestigio como proveedor o los esfuerzos adicionales que habría que acometer para cumplir demandas insatisfechas.

La literatura científica consultada no ofrece un procedimiento estándar para la determinación de este costo. Se limita a reconocer la dificultad de su cálculo y proporciona sugerencias para ejemplos concretos.

“... por lo que resulta bastante funcional asumir una relación entre el costo de conservación y el costo por faltantes. Esta relación de proporcionalidad puede asumirse en el entendimiento de que el costo por faltantes es entre 4 y 10 veces superior al costo de conservación.” (Davis y McKeown, 1986)

Debe entenderse que aun cuando el costo por faltantes sea superior al costo de almacenaje, el gerente puede estar interesado en operar una política de inventarios donde, eventualmente, la demanda quede insatisfecha temporalmente, y que con el próximo lote de reabastecimiento se repongan las demandas acumuladas. No obstante, debe tenerse cuidado, porque hay casos donde la demanda insatisfecha se pierde, es decir, al reponer el inventario no hay posibilidad de cumplir con las deudas acumuladas. En este caso el costo por faltante es proporcional al volumen de lo incumplido, pero no depende del tiempo transcurrido.

En resumen, resulta válido asumir el costo por faltantes en una relación de proporcionalidad con el costo de almacenaje, estando expresado por unidad de producto faltante y por unidad de tiempo.

Para este trabajo se estimará el costo por faltantes en una relación de 10 veces el costo de almacenaje, porque se trata de productos médicos. A los inconvenientes mencionados como pérdida de imagen, pérdida de prestigio, esfuerzos adicionales por reponer existencias, etc., debe añadirse la posible afectación a la salud de las personas.

De cualquier forma, en un caso particular donde sea inaceptable por completo la posibilidad de que las demandas queden insatisfechas, siempre estará presente la opción de escoger una política de inventarios donde los faltantes no son permitidos, a saber, el modelo EOQ sin faltantes. Recuérdesse que este opera bajo la condición de que el costo por faltantes es infinito.

3.2 Aplicación del modelo EOQ sin faltantes (TEL sin faltantes)

Según lo expresado en el epígrafe 1.1.3 por Acevedo y Gómez 2010 el costo de conservación o de mantener inventario es: $Cs = p \times I$

Se procede al cálculo del modelo EOQ sin faltantes

El horizonte de planificación (ϕ) se toma como 1 año y $S_0 = n_0$

$$n_0 = \sqrt{2 \frac{CI.N}{Cs \phi}}$$

Tabla 3.15 Cálculo del Tamaño óptimo do lote (n_0) mediante el modelo EOQ sin faltantes

Dipirona	
$n_0 = \sqrt{\frac{2 * 1\,333\,333 * 3\,986.70}{0.21 * 0.1769}}$	$n_0 = 534956 \text{ EST/ pedido}$
Tiras Reactivas de Glucosa	
$n_0 = \sqrt{\frac{2 * 300\,000 * 3\,861.97}{3.50 * 0.1769}}$	$n_0 \approx 61177 \text{ PAQ / pedido}$
Bioindicadores	
$n_0 = \sqrt{\frac{2 * 25336 * 1993.35}{1.8448 * 0.1769}}$	$n_0 = 17593 \text{ CAJA / pedido}$

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Período óptimo de reabastecimiento } t_0 = \sqrt{2 \frac{\phi CI}{N \cdot Cs}}$$

Tabla 3.16 Cálculo del Período óptimo de reabastecimiento

Dipirona	Tiras Reactivas de Glucosa	Bioindicadores
t_0 $= \sqrt{\frac{2 * 1 * 3\,986.70}{1333333 * 0.21 * 0.1769}}$ $t \approx 0.4012166$	t_0 $= \sqrt{\frac{2 * 1 * 3\,861.97}{300000 * 3.50 * 0.1769}}$ $t \approx 0.2039205$	t_0 $= \sqrt{\frac{2 * 1 * 1993.35}{25336 * 1.8448 * 0.1769}}$ $t \approx 0.6943832$

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Costo total relevante óptimo } CTR_{(n_0)} = \sqrt{2CI Cs \phi N}$$

Tabla 3.17 Cálculo del Costo total relevante óptimo $CTR(n_0)$ (EOQ sin faltantes)

Dipirona	
$CTR(n_0) = \sqrt{2 * 1 * 3\,986.70 * 1333333 * 0.21 * 0.1769}$	$CTR(n_0) = \$19874$
Tiras Reactivas de Glucosa	
$CTR(n_0) = \sqrt{2 * 1 * 3\,861.97 * 300000 * 3.50 * 0.1769}$	$CTR(n_0) = \$37878$
Bioindicadores	
CTR(n0) $= \sqrt{2 * 1 * 1993.35 * 25336 * 1.8448 * 0.1769}$	CTR(n0) = \$5742

Fuente: Elaboración propia

3.3 Aplicación del modelo EOQ con faltantes (TEL con faltantes)

$$\text{Tamaño óptimo do lote } (n_0) \quad n_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{Cs + Cp}{Cp}}$$

Tabla 3.18 Cálculo del Tamaño óptimo do lote (n_0) mediante el modelo EOQ con faltantes

Dipirona	
$n_0 = \sqrt{\frac{2 * 1\,333\,333 * 3\,986.70}{0.21 * 0.1769 * 1}} \sqrt{\frac{0.37149 + 3.7149}{3.7149}}$	$n_0 = 561066 \text{ EST} / \text{pedido}$
Tiras Reactivas de Glucosa	
$n_0 = \sqrt{\frac{2 * 300\,000 * 3\,861.97}{3.50 * 0.1769 * 1}} \sqrt{\frac{0.61915 + 6.1915}{6.1915}}$	$n_0 = 64163 \text{ PAQ} / \text{pedido}$
Bioindicadores	
n0 $= \sqrt{\frac{2 * 25336 * 1993.35}{1.8448 * 0.1769 * 1}} \sqrt{\frac{0.32634512 + 3.2634512}{3.2634512}}$	n0 = 18452 CAJA / pedido

Fuente: Elaboración propia

$$S_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{N}{\phi}} \sqrt{\frac{Cp}{Cs + Cp}}$$

Tabla 3.19 Cálculo del nivel óptimo de inventario(S) mediante el modelo EOQ con faltantes

Dipirona	
$S_0 = \sqrt{\frac{2 * 1\,333\,333 * 3\,986.70}{0.21 * 0.1769 * 1}} \sqrt{\frac{3.7149}{0.37149 + 3.7149}}$	$S_0 = 510060 \text{ EST/}$ pedido
Tiras Reactivas de Glucosa	
$S_0 = \sqrt{\frac{2 * 300\,000 * 3\,861.97}{3.50 * 0.1769 * 1}} \sqrt{\frac{6.1915}{0.61915 + 6.1915}}$	$S_0 = 58330 \text{ PAQ}$ / pedido
Bioindicadores	
$S_0 = \sqrt{\frac{2 * 25336 * 1993.35}{1.8448 * 0.1769 * 1}} \sqrt{\frac{3.2634512}{0.32634512 + 3.2634512}}$	$S_0 = 16775 \text{ CAJA}$ / pedido

Fuente: Elaboración propia

Período óptimo de reabastecimiento $t_0 = \sqrt{2 \frac{Cl}{Cs} \frac{\phi}{N}} \sqrt{\frac{Cs + Cp}{Cp}}$

Tabla 3.20 Cálculo del Período óptimo de reabastecimiento

Dipirona		
$t_0 = \sqrt{\frac{2 * 1 * 3\,986.70}{1333333 * 0.21 * 0.1769}} \sqrt{\frac{0.37149 + 3.7149}{3.7149}}$		$t \approx 0.4207995$
Tiras Reactivas de Glucosa		
$t_0 = \sqrt{\frac{2 * 1 * 3\,861.97}{300000 * 3.50 * 0.1769}} \sqrt{\frac{0.61915 + 6.1915}{6.1915}}$		$t \approx 0.2138736$
Bioindicadores		
$t_0 = \sqrt{\frac{2 * 1 * 1993.35}{25336 * 1.8448 * 0.1769}} \sqrt{\frac{0.32634512 + 3.2634512}{3.2634512}}$		$t \approx 0.7282752$

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Costo total relevante óptimo } CTR_{(no)} = \sqrt{2 \cdot N \cdot \phi \cdot Cs \cdot Cl} \sqrt{\frac{Cp}{Cs + Cp}}$$

Tabla 3.21 Cálculo del Costo total relevante óptimo del modelo EOQ con faltantes

Dipirona	
$CTR(n0) = \sqrt{2 * 1 * 3\,986.70 * 1333333 * 0.21 * 0.1769} \sqrt{\frac{3.7149}{0.37149 + 3.7149}}$	
$CTR(n0) = \$18948.22$	
Tiras Reactivas de Glucosa	
$CTR(n0) = \sqrt{2 * 1 * 3\,861.97 * 300000 * 3.50 * 0.1769} \sqrt{\frac{6.1915}{0.61915 + 6.1915}}$	
$CTR(n0) = \$36114.51$	
Bioindicadores	
$CTR(n0) = \sqrt{2 * 1 * 1993.35 * 25336 * 1.8448 * 0.1769} \sqrt{\frac{3.2634512}{0.32634512 + 3.2634512}}$	
$CTR(n0) = \$5474.167$	

Fuente: Elaboración propia

3.4 Discusión de los resultados

Según los resultados obtenidos en la aplicación del modelo ABC en la comercializadora, resulta evidente que tres son los productos más demandados para la empresa (Dipirona, Tiras Reactivas de Glucosa y Bioindicadores). Por lo tanto, a estos se les debe aplicar un alto nivel de seguimiento, al momento de realizar los inventarios correspondientes. Así se podrá saber cuándo se deben pedir más productos a los proveedores con el fin de no tener desabastecimientos de estos en el almacén, pero tampoco exceso. De esta forma se evitan pérdidas y generan más utilidad y ganancias a la comercializadora.

Tabla 3.22 Resumen de los modelos aplicados

Modelo Parámetros	Modelo TEL sin faltantes	Modelo TEL con faltantes	Productos
Tamaño óptimo do lote	534956 EST/ pedido	561066 EST/ pedido	Dipirona
	61177 PAQ / pedido	64163 PAQ / pedido	Tiras Reactivas de Glucosa
	17593 CAJA/ pedido	18452 CAJA/ pedido	Bioindicadores
Nivel óptimo de inventario	$S_0 = n_0$	510060 EST/ pedido	Dipirona
	$S_0 = n_0$	58330 PAQ / pedido	Tiras Reactivas de Glucosa
	$S_0 = n_0$	16775 CAJA/ pedido	Bioindicadores
Período óptimo de reabastecimiento	0.4012166	0.4207995	Dipirona
	0.2039205	0.2138736	Tiras Reactivas de Glucosa
	0.6943832	0.7282752	Bioindicadores
Costo total relevante óptimo	\$19874	\$18948.22	Dipirona
	\$37878	\$36114.51	Tiras Reactivas de Glucosa
	\$5742	\$5474.167	Bioindicadores

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de los modelos de Cantidad Económica de Pedido EOQ, sin faltante y con este, se muestran los niveles óptimos de inventario para cada producto en ambos casos. Siendo, a nivel de producto, la Dipirona la que mayor tamaño óptimo del lote necesita debido a su alta demanda. En cuanto a las diferencias entre los modelos se puede observar que el modelo con faltante presenta mayores tamaños óptimos del lote para todos los productos analizados y menores niveles óptimos de inventarios para todos los productos. Esto es en consecuencia a la existencia del propio faltante

El comportamiento del Período óptimo de reabastecimiento es similar en todos los casos y en ambos modelos. Se comporta alrededor de uno.

En cuanto a los Costos totales a nivel de producto las Tiras Reactivas de Glucosa presentan los costos más elevados en ambos modelos. En cuanto a estos es apreciable la diferencia entre los costos de ambos. El modelo con faltante presenta menores costos que el modelo sin faltantes.

Autores como Bustos y Chacón, 2010; Valencia y Cásares, 2011; Causado, 2015; Acevedo y Gómez 2017 defienden el criterio de seleccionar los modelos en cuanto al menor costo posible. En el presente caso siguiendo estos criterios se selecciona el modelo EOQ con faltantes y se modelan los productos para este.

Se proponen otras soluciones a los problemas detectados en el diagnóstico:

- Realizar un control de la demanda diaria de los productos y del ciclo de gestión de los pedidos para crear registros históricos que permitan el análisis de los comportamientos de estas variables y la entidad en general.
- Las empresas comercializadoras – distribuidoras deben respetar la codificación del proveedor del producto. Para su trabajo interno pueden emplear un código anexo secundario del tipo EAN 13 o GS 1. Por tanto, se propone recurrir a estos sistemas de codificación propios. Esto posibilita a la entidad la fácil identificación de los productos, así como su trazabilidad. También, evita la identificación de un producto por varios códigos, fortalece el control sobre los mismos y elimina las diferencias de los códigos otorgados a los proveedores.
- Se propone un Mapa de Proceso (Anexo No. 20) donde se encuentran correctamente definidos los procesos que intervienen en la comercialización y distribución de medicamentos, materias primas, material de envase y reactivos químicos.
- Se propone el Diagrama de Flujo (Anexo No. 21) donde se identifican todas las actividades que se realizan en la recepción, almacenamiento y despacho de los medicamentos, materias primas, material de envase y reactivos químicos.

Conclusiones del capítulo

1. Se realiza un análisis de las existencias del inventario y un estudio de la demanda de todos los productos con el objetivo de identificar los productos de mayor consumo en el año 2017 (Dipirona 300 Mg X 10 Tabletas, Tiras Reactivas De Glucosa P/Glucómetros (Biosensor Suma) Paq X 10 Tiras + 10 Lancetas, y Bioindicadores Caja X 50 Ámp).
2. Se calculan elementos necesarios para la posterior modelación de los productos seleccionados: el ciclo de gestión (obteniéndose ciclos estables en todos los casos), el costo de efectuar un pedido (son elevados debido a que los costos de los criterios son elevados y que se realizan pocos pedidos al año), el valor de la tasa anual de costo de almacenaje es de 0.1769, y el costo por faltante estimado en 10 veces el costo de mantener el inventario.
3. Se comparan los modelos EOQ (TEL) sin faltantes y EOQ (TEL) con faltantes. Resultando el modelo con faltante el de menor costo para la empresa en los tres medicamentos estudiados.

Conclusiones

1. El marco teórico permitió fundamentar la gestión de los inventarios y los modelos matemáticos de optimización. Concluyéndose que un modelo de inventario se utiliza para establecer una política óptima a fin de que, de manera sencilla, se pueda determinar cuándo efectuar un pedido (o proceso de fabricación), el tamaño del lote por adquirir o fabricar y minimizar el costo total de inventario por unidad de tiempo.
2. Se diagnosticó la situación actual de la gestión de inventarios en la UEB MM Droguería Mayabeque, permitiendo detectar las principales deficiencias que influyen en el manejo del inventario: problemas en el sistema de codificación e identificación de los proveedores y los productos a gestionar, existen problemas con la planificación de la demanda, no se calculan los parámetros de la gestión de inventarios y no aplican un procedimiento para gestionar los inventarios.
3. Se calcularon los elementos necesarios para la modelación de los productos seleccionados, lo que demostró que el ciclo de gestión es estable en todos los casos, los costos de efectuar un pedido son elevados debido a que los costos de los criterios son elevados y que se realizan pocos pedidos al año, el valor de la tasa anual de costo de almacenaje es de 0.1769, y el costo por faltante fue estimado en 10 veces el costo de mantener el inventario.
4. A partir de la modelación y el criterio de los autores consultados se concluyó que el modelo EOQ (TEL) con faltantes, es el adecuado a emplear en caso de que la política de inventarios de la entidad permita faltantes. Esto se soporta en que dicho modelo presentó los menores costos para la entidad.

Recomendaciones

1. Exigir una correcta planificación de la demanda a las instituciones de salud que permitan un mejor control.
2. Realizar paulatinamente la modelación al resto de los productos.
3. Divulgar los resultados de la investigación en la entidad analizada.

Bibliografía

- Acero, G. C., & Pardo, R. A. (2010). Estrategia para la Gestión de Inventarios de una Empresa Comercializadora y Distribuidora de Productos Olásticos de Empaque: caso Distribuidora Surtir S.A.S. Trabajo de grado de pregrado con aplicación profesional. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/205/20511730009/>
- Acevedo Suárez, J. & Gómez Acosta, Martha I. (2017). "La logística moderna en la empresa". La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela. Segunda Edición.
- Acevedo, J. A., & Gómez, M. I. (2000). Logística del Aprovechamiento. Bogotá: Litografías Pabón.
- Acevedo, J. A., & Gómez, M. I. (2001). Gestión de Inventarios. Obtenido de <http://logrespo.cujae.edu.cu/upload/Folleto de Gestión de Inventarios.pdf>
- Acevedo, J., & Gómez, M. (2010). Introducción a la Ingeniería Industrial. La Habana: ISPJAE.
- Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. 5ª Edición. México: Pearson Educación.
- Barrera. D (2016) Modelos Determinísticos y Probabilísticos Recuperado en 2019 de <http://proyectoeypii.blogspot.com/>
- Benavides, G. L. (2011). Gestión, Liderazgo y Valores en la Administración de la Unidad Educativa "San Juan De Bucay" del Cantón General Antonio Elizalde (Bucay). Tesis de Grado Previa la Obtención del Título de Magíster en Gerencia y Liderazgo Educativo. Centro Universitario Guayaquil.
- Bofill, P. A., Sablón, C. N., & Florido, G. R. (2017). Procedimiento para la gestión de inventario en el almacén central de una cadena comercial cubana. Universidad y Sociedad. Obtenido de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Bustos, F. C., & Chacón, P. G. (2010). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela. Venezuela: Contaduría y Administración.
- Campos, R. (2013). Análisis de los inventarios de Literatura Docente en la CUJAE. Tesis de Diploma.
- Castillo, M. S., & Henríquez, Z. F. (2013). Desarrollo de un Modelo de Minería de datos para la Toma de Decisiones en la Gestión de Inventarios en Empresas Comerciales. Informe Final de Trabajo de Graduación. Universidad Nacional de Trujillo. Escuela Académico Profesional de Informática.
- Causado. Edwin Rodríguez (2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 14, No. 27 pp. 163-178 ISSN 1692 - 3324. Medellín, Colombia

Conejero, G. H., Corzo, B. J., & Hernández, Á. N. (2004). Gestión de inventario. Logística: temas seleccionados. Tomo II. Universitaria.

Correa, A. (23 de abril de 2015). La importancia de los inventarios en una empresa. Obtenido de <http://inventariosenunaempresauniminuto.blogspot.com/>

CSCMP, Council of Supply Chain Management Professionals- Supply Chain Management Terms and Glossary, 2009, 211.

Demestre, Á. y. (2006). Decisiones financieras: una necesidad empresarial. La Habana: Publicentro.

Espinoza, A. E. (2007). Modelo de Gestión de Inventarios para la Toma de Decisiones Gerenciales Aplicado a Empresas Productoras de Alimentos. Tesis presentada como requisito para optar al Título de Magíster en Alta Gerencia. Instituto de Altos Estudios Nacionales.

Felipe, V. (2016). *El exceso de inventario ¿Por qué?* Obtenido de Meet Logistics. Developed by Geocrono: <http://meetlogistics.com>

FIAEP. (2014). Control y Manejo de Inventario y Almacén. Recuperado 2019 de <http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>

Garza. Ríos, Rosario Y González Caridad Sánchez. (2002). Memoria Digital del evento Logística 2002, Ciudad de La Habana,

González, E. (2016) Modelos Determinísticos. Recuperado en 2019, de <http://ramon-gzz.blogspot.com/2016/02/modelos-deterministas>

González, E. (2018). "Control y gestión del área comercial y de producción de la PYME". Netbiblo.

Granma. (24 de febrero de 2017). Inventarios. Granma.

Graves, A. H. G. RinnooyKan, P. H. Zipkin. "Handbooks in Operations Research and Management Science". Logistics of Production and Inventory. Elsevier Science Publishers. North Holland. The Netherlands. Vol. 4. 1993. pp. 3-50.]

Gutiérrez-González Eduardo, Panteleeva Olga Vladimirovna, Hurtado-Ortiz Moisés Fernando, González-Navarrete Carlos (2013). Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución. Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XIV (número 4), octubre-diciembre 2013: 537-551 ISSN 1405-7743 FI-UNAM

Heizer, J. y B. Render (2001). Dirección de la producción. Decisiones tácticas. 6a. ed., España: Pearson Educación

Hernando, César Valencia Niño y Cáceres, Silvia Nathalia Quijano. (2011) Modelo de optimización en la gestión de inventarios mediante algoritmos genéticos. ITECKNE Vol. 8 Número 2 • ISSN 1692 - 1798 • 156 – 162

Hiller, ¡S, y Liberman Generald J. (2001), ¡Introducción a la investigación de operaciones, Mc Graw Hill, Cuarta Edición, México.

Hiller, y G. Lieberman. Investigación de Operaciones. Mc Graw Hill. México. 2010

Hornngren, CH., G. Foster y S. Datar (2002). Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial. 10a. ed., México: Pearson Educación

Ingeniería y Universidad (2015). Revista vol. 9 Redalyc ISSN-1990-8830/RNPS2126

Jiménez, J. 2005. “Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro”. Publicación técnica No. 281, Sanfandila, Qro.

José Acevedo Marta, Ines Gómez y colaboradores. Editorial Félix Varela 2017 ISBN: 978-959-07-2075-8. La Habana Cuba. La logística moderna en la empresa

K. Roscoe Davis y Patrick Mckawn. (1986). Métodos cuantitativos para Administración. Grupo Editorial Iberoamérica.

Krajewski, Lee J. y Larry P. Ritzman, Administración de operaciones: Estrategia y análisis, 5ª Edición, Pearson Educación de México S. A. (Prentice–Hall), México, 2000

López Martínez, Igor y Gómez Acosta, Martha I., «Análisis de la situación de la Gestión de Inventarios en las Empresas Cubanas», en IV Simposio de Ingeniería Industrial y afines. XIII Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. VII Taller Internacional de Logística La Habana, Cuba, 2006.

López Martínez, Igor y Gómez Acosta, Martha I., «Auditoría logística para evaluar el nivel de gestión de inventarios en empresas.» Ingeniería Industrial, enero-abril 2013, XXXIV, 1, 108118, ISSN:1815-5936.

López Martínez, Igor; Gómez Acosta, Martha I.; Acevedo Suárez, José A.; Urquiaga, Ana Julia; Marín, Angela y Fonseca, Omar «Diseño del Sistema de Gestión de Inventarios en BRASCUBA Cigarrillos S.A.», en III Simposio de Ingeniería Industrial, Informática y afines. XII Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. VI Taller Internacional de Logística La Habana, Cuba, CUJAE, 2004.

López Martínez, Igor; Gómez Acosta, Martha I. y Acevedo Suárez, José A., «Situación de la gestión de inventarios en Cuba.» Ingeniería Industrial, septiembre-diciembre 2012a, XXXIII, 3, 317-330, ISSN:1815-5936. 147. López Martínez, Igor; González Ramos, Rafael; Prado, Miguel; Jardines García, Juan Carlos; Salazar Sotolongo, Yudaisi y Rodríguez Castro, Vilma «La cadena de suministro de medicamentos en Cuba» Compendio Nueva Empresa 2012, 2012b, ISBN: 978-95-927-0237-0.

López Martínez, Igor; González Ramos, Rafael; Prado, Miguel; Jardines García, Juan Carlos; Salazar Sotolongo, Yudaisi y Rodríguez Castro, Vilma «La cadena de suministro de medicamentos en Cuba» Revista Nueva Empresa, 2011a, 7, 3, 30-35, ISSN:1682-2455.

López Martínez, Igor; Rodríguez Castro, Vilma; Gómez Acosta, Martha I. y Acevedo Suárez, José A., «Reference Model for The Development of Stock Management in Supply Chains», En Diptem Università Di Genova, The 13rd International Conference On Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modeling and Simulation (September 2011), Rome, Italy, 2011b, [consulta: September/2011]. ISBN: 978-88-903-7246-9.

López Martínez, Igor y Gómez Acosta, Martha I., «Situación actual de la gestión de inventarios en las empresas cubanas. Propuesta de mejoramiento», en V Simposio de Ingeniería Industrial y afines. XIV Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. VIII Taller Internacional de Logística La Habana, Cuba, 2008.

López Martínez, Igor; Acevedo Urquiaga, Ana Julia; Pardillo Báez, Yinef; Gómez Acosta, Martha I. y Acevedo-Suárez, José Antonio, «Mathematical model for the integrated calculation of production, logistical and service capacities in the value chain.» Wissenschaftliche Beiträge 2013 – TH-Wildau (FH), 2013, 91-96, ISSN:0949-8214.

Lopes Martínez, Igor; Gómez Acosta, Martha I. y Acevedo Suárez, José A., «Diseño de un modelo de referencia para el desarrollo de la gestión de inventarios en cadenas de suministro cubanas», en VI Simposio de Ingeniería Industrial y afines. XVI Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. IX Taller Internacional de Logística La Habana, Cuba, 2010, [consulta: diciembre 2010]. ISBN:978-95-926-1317-1. Disponible en: <www.cujae.edu.cu>

López Martínez, Igor; Gómez Acosta, Martha I. y Acevedo Suárez, José A., «La auditoría logística como forma de evaluar el nivel de la gestión de los inventarios en las cadenas de suministro.», en V Congreso del Centro Europeo Latinoamericano de Logística y Proyectos Ecológicos (V CELALE). XVI Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. La Habana, Cuba, CUJAE, 2012c.

López Martínez, I., Gómez Acosta, D., & Acevedo Suárez, D. (2012). Gestión de inventarios. *Diplomado de Logística*. La Habana: CUJAE.

López, M. I. (2004). Diseño de la Gestión de Inventario en Brascuba Cigarrillo s.a. Trabajo de Diploma. La Habana: CUJAE.

López, M. I. (2004). Diseño de la Gestión de Inventario en Brascuba Cigarrillo s.a. Trabajo de Diploma. La Habana: CUJAE.

Lucía China China, Trabajo de Fin de Grado, Sistemas Probabilísticos de Inventario. Aplicación a la gestión y control de las existencias de cierto producto en un restaurante, Facultad de Ciencias. Sección de Matemáticas, Universidad de La Laguna, 18 de junio de 2015

Lusch, Robert F., «Reframing Supply Chain Management: A Service-Dominant Logic Perspective» Journal of Supply Chain Management, 2011, 47, 1, 14-18, ISSN:1745-493X.

Luu, Van Truong; Kim, Soo-Yong y Huynh, Tuan-Anh, «Improving project management performance of large contractors using benchmarking approach» International Journal of Project Management, 2008, 26, 7, 758-769, ISSN:0263-7863.

Maceda, D. A. (2012). Procedimiento para el diseño del sistema de gestión de inventarios en la Empresa Gráfica de Villa Clara. Trabajo de Diploma. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.

Manene, L. M. (2012). Logística, transporte, almacenaje y manutención. Obtenido de <http://www.luismiguelmanene.com>

Marrero, D. F., & Rodríguez, M. R. (2011). Manual de Gestión de Inventario. Santa Clara.

Martín, A. R. (2006). Operaciones y Logística MBA. Gestión de Inventarios y Compras. Escuela de Negocios.

Masoumi, Amir H.; Yu, Min y Nagurney, Anna, «A supply chain generalized network oligopoly model for pharmaceuticals under brand differentiation and perishability» Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2012, 48, 4, 762-780, ISSN:1366-5545.

Mckinsey y Company, Strenght in unity: the promise of global standars in healthcare USA, Mckinsey y Company, 2012 -, publ. [October 2012] -[consulta: Enero 2013]. Disponible en: <<http://www.mckinsey.com>>. 158. Mello, John y Flint, Daniel J., «A Refined View of Grounded Theory and Its Application to Logistics Research» Journal of Business Logistics, 2009, 30, 1, 107-125, ISSN:2158-1592.

Mendling, J.; Verbeek, H. M. W.; van Dongen, B. F.; van der Aalst, W. M. P. y Neumann, G., «Detection and prediction of errors in EPCs of the SAP reference model» Data & Knowledge Engineering, 2008, 64, 1, 312-329, ISSN:0169-023X.

Mete, Huseyin Onur y Zabinsky, Zelda B., «Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management» International Journal of Production Economics, 2009, In Press, Corrected Proof, ISSN:0925-5273.

Mongua. P, Sandoval. H (2009). Propuesta de un modelo de inventario para la mejora del ciclo logistico de una distribuidora de confites ubicada en la ciudad de Barcelona, Estado Anzoategui. Departamento de computación y Sistemas Puerto de la Cruz. De http://webquestcreator2.com/majwq/public/files/files_user/5098/Tesis.Propuesta%20DE%20UN%%MODELO%20DE%20INVETARIO.pdf

Moreira, D. (2008). Administração ds Produção e Operações. *2a edição revista e ampliada*, Cengage Learning.

Mosk. Robert Witz y Gordon. P Wright (1982). Investigación de Operaciones. Prentice Hall Iberoamerican SA.

Nayibc, Leila Ramírcz Castañeda\ Danilo Soto\ Mario Pérez2, \Xlilmar Gamez. (2009) Aplicación de un modelo de inventarios multiproducto para las PYMES en Bogotá. Ingeniera Industrial (Maestría en Ingeniería Industrial). Revista Ingenio Libre.

Nita H. Shah and Kunal T. Shukla (2010) Revista Investigación Operacional Vol., 31, No. 2, 95-108, Deteriorating Inventory Model In Demand Declining Market Under Inflation When Supplier Credits Linked To Order Quantity

Nogueira Rivera, Dianelys, «Modelo Conceptual Y Herramientas De Apoyo Para Potenciar El Control De Gestión En Las Empresas Cubanas», [Tesis Para Optar Por El Grado Científico De Doctor En Ciencias Técnicas], Matanzas, UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS", Departamento de Ingeniería Industrial, 2002.

Noori, H. (1997). Administración de operaciones y su producción: calidad total y respuesta sensible rápida. México: Mc Graw-Hill

Norma ISO 9000. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario*.

Ojeda, M. (21 de noviembre de 2012). El porqué de los inventarios en las empresas. Obtenido de <http://elempresario.mx/almacenes/porque-los-inventarios-empresas>

Ortiz Torres, Maritza, «Procedimiento para la gestión de inventarios con demanda independiente en empresas comerciales y de servicios», [Tesis Para Optar por El Grado Científico de Doctor en Ciencias Económicas], La Habana, Universidad de La Habana, Departamento de Ciencias Empresariales, 2004.

Paz, P. H. (2008). Fundamentos de contabilidad. Primera edición. Ecuador

Pérez Campaña, Marisol, «Contribución al control de gestión en elementos de la cadena de suministro. Modelo y procedimientos para organizaciones comercializadoras.», [Tesis de doctorado], Las Villas, Cuba, Universidad Central "Martha Abreu", 2005.

Pérez. Freddy Andres y Torres. Fidel (2014). Modelos de inventarios con productos perecederos: revisión de literatura. En: Ingeniería, Vol. 19, No. 2, pp. 9–40

Polimeni, Ralph S. (2000). Fundamentos Y Técnicas de Contabilidad de Costos Editorial: McGraw Hill. México

Primelles, P. I. (2010). Procedimiento para el diseño del sistema de gestión de inventario en la Unidad Administrativa Comercial de Villa Clara. Trabajo de Diploma. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.

Resolución No. 29. (2011). Órgano Superior de Dirección Empresarial (OSDE), Consejo de Ministros, Cuba.

Rubio, D. P. (2008). Instituto Europeo De Gestión Empresarial (Nº Registro 06/21440).

- Schroeder, R. G. (1992). Administración de operaciones. 3ª Edición. México: McGraw-Hill.
- Séptimo Congreso del Partido. Documentos aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo de 2017 y respaldados por la Asamblea Nacional del Poder Popular el 1 de junio de 2017.
- Serrano, Alejandro; Oliva, Rogelio y Kraiselburd, Santiago, «Risk Propagation through Payment Distortion in Supply Chains», SSRN eLibrary [en línea], 2010b, [consulta: Mayo 2012], Disponible en: <10.2139/ssrn.1707728>; <http://ssrn.com/paper=1707728>
- Simchi-Levi, David; Bramel, Julien y Chen, Xin, The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics and supply chain management (Springer), Stanford, USA, 2005, ISBN:978-03-872-2199-9, 85-96
- Steinberg, F. (nº 78 Otoño de 2016). *Economía Exterior*. Obtenido de Tendencias y riesgos para la economía mundial: <http://www.politicaexterior.com/>
- Toro Benítez, Luz Amparo; Bastidas Guzmán, Victoria E. Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos Scientia Et Technica, vol. XVI, núm. 49, diciembre-, 2011, pp. 85-91 Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia
- Torres, M., Daduna, J. R., & Mederos, B. (2003). Logística: Temas Seleccionados. Vol. I. La Habana: Feijóo.
- Vacimonitor (2018) vol 27. Revista ISSN 1025-028-2018-1. SciELO. Cuba
- Vargas, J. C. (2016) Desarrollo de un sistema de inventarios para dispositivos médicos en la empresa dental Nader S.A. Tesis de Grado. Universidad libre de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá
- Vázquez, Y. W. (2012). Modelo de Gestión de Inventarios para la Empresa MARTEC CIA. LTDA. Quito: Escuela de Administración de Empresas.
- Vidal, C. J. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Santiago de Chile: Artes Gráficas de la Facultad de Ingeniería-Universidad del Valle.
- W. Harvey M.. "And then there were none". Operations Research. Vol. 50. 2002. pp. 217-226
- Wild, Tony, Best Practice in Inventory Management, Elsevier Science Ltd., 2002, ISBN:978-07506-5458-9
- Yajiong, H. Liang, W. R. Boulton, C. A. Snyder. "ERP Implementation failures in China: Case studies with implication for ERP vendors". International Journal of Production Economics. Vol. 97. 2005. pp. 279-295].
- Zapata, I. (2014) Fundamentos de la gestión de inventarios. Medellin. Centro Editorial Esumer.

Zhang, Allan N.; Goh, Mark y Meng, Fanwen, «Conceptual modelling for supply chain inventory visibility» International Journal of Production Economics, 2011, 133, 2, 578-585, ISSN:09255273.

Zhao, L.; Langendoen, F.R. y Fransoo, J.C., «Supply management of high-value components with a credit constraint» Flexible Services and Manufacturing Journal, 2011, 1-19, ISSN:1936-6582.

Zinn, Walter y Charnes, John M., «A Comparison of the Economic Order Quantity and Quick Response Inventory Replenishment Methods» Journal of Business Logistics, 2005, 26, 2, 119-141, ISSN:2158-1592.

Zomerdijk, Leonieke G. y De Vries, Jan, «An organizational perspective on inventory control: Theory and a case study» International Journal of Production Economics, 2003, 81–82, 2, 173183, ISSN:0925-5273

