

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**



**“ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO
DETERMINISTICO, EN ENTIDADES HOSPITALARIAS SEMIATÓNOMAS,
DEDICADAS A LA ATENCIÓN DE PACIENTES CON ENFERMEDADES
CARDIOVASCULARES EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”**

LICDA. LORENA MARICELA GONZÁLEZ DE FUENTES

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**



**“ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO
DETERMINISTICO, EN ENTIDADES HOSPITALARIAS SEMIAUTÓNOMAS,
DEDICADAS A LA ATENCIÓN DE PACIENTES CON ENFERMEDADES
CARDIOVASCULARES EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”**

Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias, con base en el Normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, en el punto séptimo inciso 7.2 del acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero de 2005, actualizado y aprobado por Junta Directiva en el Numeral 6.1, punto SEXTO del acta 15-2009 de la sesión celebrada el 14 de julio de 2009.

ASESOR:

MSc. EDGAR RENÉ GUEVARA RECUNOS

AUTOR:

LICDA. LORENA MARICELA GONZÁLEZ DE FUENTES

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Lic. Luis Antonio Suarez Roldán
Secretario: Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
Vocal Segundo: Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
Vocal Tercero: Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal Cuarto: P.C. Oliver Augusto Carrera Leal
Vocal Quinto: P.C. Walter Obdulio Chigüichón Boror

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL
EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN EL
ACTA CORRESPONDIENTE

Presidente: Dr. José Alberto Ramírez Crespín
Secretario: MSc. Hugo Armando Mérida Pineda
Vocal I: MSc. Juan de Dios Alvarado López

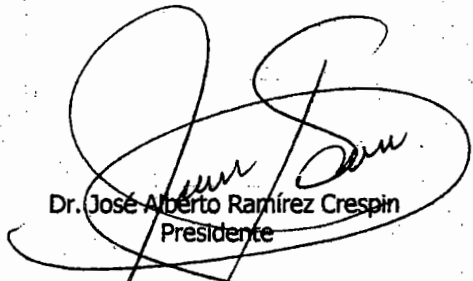


ACTA No. 16-2015

En la Sala de Reuniones del Edificio S-11, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, nos reunimos los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el **07 de julio** de 2015, a las **18:00** horas para practicar el **EXAMEN GENERAL DE TESIS** de la Licenciada **Lorena Maricela González de Fuentes**, carné No. **100022290**, estudiante de la Maestría en Administración Financiera de la Escuela de Estudios de Postgrado, como requisito para optar al grado de Maestro en Administración Financiera. El examen se realizó de acuerdo con el normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas en el numeral 6.1, Punto SEXTO del Acta 15-2009 de la sesión celebrada el 14 de julio de 2009.-----

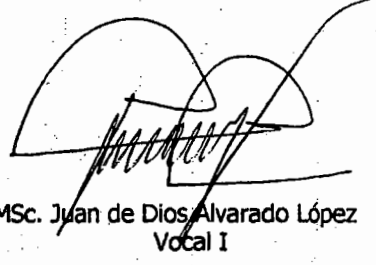
Cada examinador evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico profesional del informe final presentado por el sustentante, denominado **"ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DETERMINISTICO, EN ENTIDADES HOSPITALARIAS SEMIAUTÓNOMAS, DEDICADAS A LA ATENCIÓN DE PACIENTES CON ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN LA CIUDAD DE GUATEMALA"**, dejando constancia de lo actuado en las hojas de factores de evaluación proporcionadas por la Escuela. El examen fue **APROBADO** con una nota promedio de **82** puntos, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante del jurado examinador. El Tribunal hace las siguientes recomendaciones: Que el sustentante incorpore las enmiendas señaladas dentro de los 20 días hábiles siguientes.

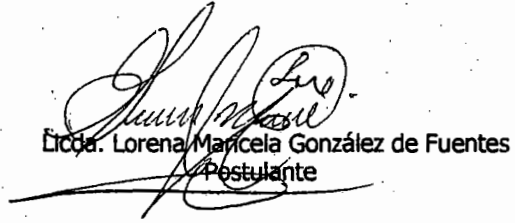
En fe de lo cual firmamos la presente acta en la Ciudad de Guatemala, a los siete días del mes de julio del año dos mil quince.


Dr. José Alberto Ramírez Crespin
Presidente


MSc. Hugo Armando Mérida Pineda
Secretario




MSc. Juan de Dios Alvarado López
Vocal I


Licda. Lorena Maricela González de Fuentes
Postulante



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

ADENDUM

El infrascrito Presidente del Jurado Examinador CERTIFICA que la estudiante Lorena Maricela González de Fuentes, incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro examinador del Jurado.

Guatemala, 05 de agosto de 2015.

(f)


Dr. José Alberto Ramírez Crespín
Presidente





**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS.
GUATEMALA, VEINTITRÉS DE OCTUBRE DE DOS MIL QUINCE.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1, subinciso 5.1.2 del Acta 26-2015 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 15 de octubre de 2015, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 16-2015 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 7 de julio de 2015 y el trabajo de Tesis de Maestría en Administración Financiera, denominado: "ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DETERMINISTICO, EN ENTIDADES HOSPITALARIAS SEMIAUTÓNOMAS, DEDICADAS A LA ATENCIÓN DE PACIENTES CON ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN LA CIUDAD DE GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó la Licenciada LORENA MARICELA GONZÁLEZ DE FUENTES, autorizándose su impresión.

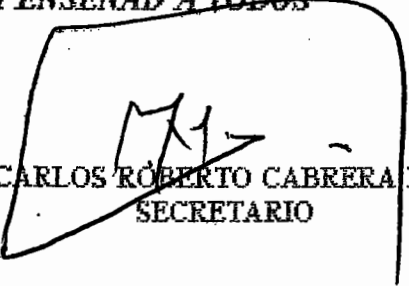
Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"



LIC. LUIS ANTONIO SUÁREZ ROLDÁN
DECANO

Smp.



LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



Mano
SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme la sabiduría y por ser el conductor de mi vida

A MI MADRE: Carmen González por ser mi ejemplo a seguir

A MI ESPOSO (D.E.P.): Carlos Moisés Fuentes en honor a su memoria

A MI HIJA: Karol María por ser el motor de mi vida y mi inspiración

A MIS HERMANOS: Vilma, Lucky, Gaby y Edgar por su amor y apoyo incondicional

A MIS AMIGOS: Por su cariño y apoyo

A MI ASESOR: Ing. Edgar Guevara por su paciencia y apoyo

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	iii
1 ANTECEDENTES	1
1.1 De las entidades hospitalarias semiautónomas, dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas	1
1.2 De los inventarios en las Entidades Hospitalarias Semiautónomas	3
1.3 Del modelo determinístico para la administración de inventarios	3
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Inventarios	6
2.2 Inventarios de entidades hospitalarias	6
2.2.1 Inventario de medicamentos	6
2.2.2 Inventario de materiales de limpieza	7
2.2.3 Inventario de repuestos y accesorios	7
2.2.4 Inventario de material médico quirúrgico	7
2.2.4.1 Oxigenadores	7
2.2.4.2 Tuberías de circulación extracorpórea	8
2.2.4.3 Cardioplegia sanguínea	8
2.2.4.4 Mini-cardioplegia	8
2.2.4.5 Conos para bomba	8
2.3 Administración de inventarios	8
2.3.1 Sistema de inventarios	10
2.3.2 Política de inventarios	10
2.3.3 Objetivos de la administración de inventarios	11
2.4 Factores que afectan el nivel de inventarios	12
2.5 Costos de los inventarios	12

2.5.1	Costo o precio de compra	12
2.5.2	Costo de ordenar	13
2.5.3	Costo de conservación o mantenimiento	13
2.5.4	Costo de faltantes o de escasez	13
2.5.5	Costo de oportunidad	13
2.5.6	Costo total	13
2.6	Modelos de inventarios	14
2.6.1	Características de los modelos de inventarios	14
2.6.2	Modelo de inventario generalizado	16
2.6.3	Modelo cantidad óptima de pedido o modelo de Harris Wilson	16
2.6.3.1	Ampliación del modelo EOQ	17
2.6.4	Modelo determinístico	19
2.6.4.1	Variables del modelo determinístico	19
2.6.4.1.1	Demanda determinista	20
2.6.4.1.2	Tiempo de reaprovisionamiento (Lead time)	20
2.6.4.1.3	Costo de ordenar y costo de mantener	20
2.7	Análisis de tendencias	23
2.8	Leyes y regulaciones aplicables a las compras y contrataciones de material médico quirúrgico	23
2.8.1	Compra directa	24
2.8.2	Régimen de cotización	24
2.8.3	Régimen de licitación	24
2.9	Enfermedades cardiovasculares	26
2.9.1	Principales factores de riesgo cardiovascular	27
2.9.2	Enfermedades cardiovasculares en Guatemala	28
2.9.3	Tratamiento de enfermedades Cardiovasculares	28
2.9.4	Cirugías cardíacas	29
2.9.4.1	Circulación extracorpórea	29

3	METODOLOGÍA	31
3.1	Definición del problema	31
3.1.1	Punto de vista	31
3.1.2	Delimitación del problema	32
3.1.2.1	Unidad de análisis	32
3.1.2.2	Período histórico	32
3.3	Objetivos	32
3.3.1	Objetivo general	32
3.3.2	Objetivos Específicos	32
3.4	Hipótesis	33
3.4.1	Variables independientes	34
3.4.2	Variables dependientes	34
3.5	Métodos y técnicas utilizados	34
3.5.1	Método científico	34
3.5.2	Fase indagadora	34
3.5.3	Fase demostrativa	35
3.5.4	Fase expositiva	35
3.6	Técnicas de investigación	35
3.6.1	Técnicas de investigación documental	35
3.6.2	Técnicas de investigación de campo	35
3.7	Instrumentos	36
4	ANÁLISIS ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DEL INVENTARIO DE MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN	37
4.1	Diagnóstico y evaluación del manejo de inventarios.	37
4.2	Stocks mínimos	41
4.3	Inventarios de seguridad	41
4.4	Punto de reorden	42
4.5	Factores que afectan el nivel de inventario	42
4.5.1	Factores externos	42

4.5.2	Factores internos	43
4.6	Análisis de costos de inventarios	44
4.6.1	Costo de ordenar	45
4.6.2	Costo de mantenimiento	47
4.6.2.1	Costo del capital invertido	48
4.6.2.2	Costo de almacenaje	49
4.6.3	Costo de escasez	52
5	DESARROLLO DEL MODELO DETERMINÍSTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES MÉDICO-QUIRÚRGICOS PARA PERFUSIÓN	55
5.1	Establecimiento de variable	55
5.1.1	Demanda	56
5.1.2	Tiempo de reaprovisionamiento	56
5.2	Formulación del modelo cantidad económica de pedido EOQ y modelo determinístico	56
5.3	Punto de Reorden	58
5.3.1	Tiempo líder	58
6	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DEL MODELO DETERMINÍSTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS DEL MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO DE PERFUSIÓN	60
6.1	Aplicación de los modelos	60
6.1.1	Análisis de la cantidad óptima de pedido EOQ	64
6.1.2	Análisis del número de pedidos que deben realizar por año	65
6.1.3	Determinación del costo total de ordenar, en un año	66
6.1.4	Análisis del costo total	66
6.2	Análisis del punto de reorden	67
6.3	Evaluación de resultados	70

6.4	Aplicación del modelo determinístico a la proyección de consumo de material médico quirúrgico para perfusión	74
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	80
	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS	85
	ÍNDICE DE TABLAS	127
	ÍNDICE DE GRÁFICAS	130

RESUMEN

La administración de inventarios de medicamentos y dispositivos médicos en las entidades hospitalarias semiautónomas encargadas de la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares, es de vital importancia pues de ello depende brindar servicios de alta calidad al menor costo posible y en el tiempo oportuno.

En la investigación realizada se determinó, que estas entidades manejan sus inventarios con base en el conocimiento empírico de los encargados de la administración de éstos; sin embargo, en la mayoría de las veces el resultado no es acertado, pues no se tiene claramente definida la cantidad de pedidos que deben realizarse y la frecuencia de los mismos, lo cual provoca desabastecimientos.

El segmento de medicamentos y dispositivos médicos elegido para el análisis de inventarios, fue el material médico quirúrgico para perfusión; debido a su alta demanda se determinó que este segmento no tiene problemas de vencimiento u obsolescencia; sin embargo, existe problema de escasez, lo cual incrementa significativamente los costos de manejo de sus inventarios.

Se estableció que el costo para el manejo de inventarios de material médico quirúrgico para perfusión en las entidades objeto de estudio, fue de aproximadamente Q.189 mil para 2014 y Q. 180 mil para 2013; esto es causado, en parte, por el proceso burocrático y legal para la adquisición de estos dispositivos, por tanto el costo más alto está representado por el de ordenar un pedido.

Otro factor que coadyuva al incremento de costos es la escasez de productos, debido a que los materiales de perfusión son indispensables para la realización de cirugías cardíacas, la falta de estos provoca la suspensión de procedimientos

quirúrgicos y detener la productividad en los quirófanos implica incurrir en costos fijos de alrededor de Q. 1,600 por hora de cada quirófano.

Para solucionar esta problemática, se hace necesaria la implementación del Modelo Determinístico para la administración del inventario, que incluye la cantidad óptima de pedido. El modelo propuesto posee fundamento técnico, debido a que después de analizar el comportamiento de la demanda, el tiempo de reaprovisionamiento del material médico quirúrgico para perfusión y los costos en que se incurren para su manejo, se determinó que el mismo es aplicable, porque se conocen con certeza este tipo de variables.

La aplicación de este modelo, para la administración de los inventarios del material médico quirúrgico para perfusión, demuestra mejorar la eficiencia en el manejo de inventarios, ya que de haberse implementado, el costo total del manejo y los costos de escasez asociados a este, se hubieran reducido en Q. 892 mil, en 2014 y Q. 645 mil en 2013, equivalente al 84% y 81% respectivamente, del costo actual.

Además, este modelo permite establecer el punto de reorden en el que deben emitirse los pedidos, con lo cual se logrará minimizar la escasez y por ende los costos que esto provoca. Durante los años revisados se determinó un costo por escasez de producto médico quirúrgico para perfusión de Q. 875 mil en 2014 y Q. 618 mil en 2013. Además, se logrará mantener en bodega la cantidad de productos necesaria para cubrir la demanda, evitando sobre stocks lo que conlleva a incurrir en gastos de almacenamiento y de capital.

En consecuencia las entidades objeto de estudio deben analizar la posibilidad de implementar éste modelo para administrar sus inventarios, con lo cual lograrán optimizar sus recursos físicos y financieros y cumplir su objetivo principal que es "brindar servicios de forma ininterrumpida, de alta calidad y al menor costo.

INTRODUCCIÓN

Las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas en la ciudad de Guatemala, forman parte importante del sector de salud pública; sin embargo, enfrentan una serie de problemas tales como, recursos financieros limitados, trámites burocráticos y legales dificultosos e inadecuada administración de inventarios.

De acuerdo a un diagnóstico preliminar, se observó que estas entidades administran sus inventarios con base en un conocimiento empírico, con resultados poco acertados, lo cual provoca desabastecimiento, así como, vencimiento y obsolescencia de medicamentos y material médico quirúrgico, los cuales son valiosos para la prestación de servicios médicos.

Un aspecto importante a considerar lo constituye el hecho que la adquisición de los medicamentos y dispositivos médicos para la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, es complicada debido a que estos son muy especializados, lo cual dificulta su adquisición y administración.

En vista de lo anterior se plantea la necesidad que los niveles de inventarios de los medicamentos y dispositivos médicos para la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares, satisfagan los requerimientos de los distintos servicios hospitalarios; sin embargo, esto depende de asignaciones presupuestarias específicas, en vista de que las entidades hospitalarias semiautónomas, dependen económicamente del Estado, por lo tanto sus recursos financieros son limitados.

La propuesta de solución al problema señalado, consiste en el desarrollo de un modelo para la administración de inventarios, con la finalidad de mejorar la

disponibilidad de los insumos médicos, reducir el costo del manejo de los inventarios y hacer uso eficiente de los recursos físicos y financieros en las entidades hospitalarias semiautónomas que atienden a pacientes con afecciones cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas. Derivado de lo anterior, surgió la opción de analizar la conveniencia de utilizar el modelo determinístico para la administración de inventarios, que incluya la definición de la cantidad óptima de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés), y la minimización de costos de los inventarios de los medicamentos y dispositivos médicos para la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares. Este tipo de modelo es aplicable debido a que se conoce con un alto grado de certeza la cantidad de material quirúrgico para perfusión a utilizar por año, cantidades que ascendieron a Q. 11.4 millones y Q.10.2 millones para los años 2014 y 2013, respectivamente.

La justificación esencial de la presente investigación para el establecimiento de niveles óptimos de inventario y manejo eficiente de costos de adquisición de insumos, es la prestación de un servicio oportuno y de alta calidad a los pacientes con afecciones cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas.

Para el efecto se plantearon objetivos generales y específicos, en relación directa con el problema principal y los problemas específicos que se pretenden resolver con la investigación. El objetivo general es: Diseñar un modelo determinístico, para la administración de inventarios en las entidades dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares en la ciudad de Guatemala.

Partiendo del objetivo general de la presente investigación, se determinaron los siguientes objetivos específicos: Realizar un diagnóstico de la situación administrativa y financiera del manejo de inventarios, incluyendo desabastecimiento, vencimiento de medicamentos y dispositivos médicos, y obsolescencia, entre otros; Establecer el costo de manejo de los inventarios, de la gestión de los pedidos y de la demanda insatisfecha; establecer las variables necesarias para el desarrollo del modelo determinístico de inventarios y aplicar

este modelo para la administración de inventarios de materiales médico-quirúrgicos para perfusión, que incluya la determinación de la cantidad optima de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés) y la minimización de costos del manejo de inventarios.

La hipótesis de investigación formulada, es la siguiente: El diseño del modelo determinístico para la administración de inventarios de materiales médico-quirúrgicos para perfusión en entidades hospitalarias semiautónomas, dedicadas a la atención de pacientes que padecen enfermedades cardiovasculares, permite determinar la cantidad optima de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés), mejora la disponibilidad de insumos médicos, reduce el costo de manejo de inventarios de medicamentos y dispositivos médicos, los inventarios obsoletos y vencidos; así como, los costos adicionales por escasez, y en general optimiza el uso de recursos físicos y financieros, para la prestación de un servicio oportuno y de alta calidad a los pacientes con afecciones cardiovasculares.

El presente trabajo de tesis, consta de los siguientes capítulos:

En el capítulo Uno, Antecedentes, expone el marco referencial teórico y empírico de la administración de inventarios y del sector objeto de estudio.

En el capítulo Dos se exponen las teorías y enfoques teóricos y conceptuales utilizados para fundamentar la investigación sobre la administración de inventarios de materiales médico-quirúrgicos para perfusión, en las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, en la ciudad de Guatemala.

Los métodos y técnicas de investigación utilizadas en el presente trabajo de tesis, se describen en el capítulo Tres. Comprende: objetivos, hipótesis y especificación de las variables, método científico, y técnicas de investigación documental y de campo utilizadas.

El capítulo Cuatro realiza un diagnóstico de la situación administrativa y financiera del manejo de inventarios, incluyendo desabastecimiento, vencimiento de medicamentos y dispositivos médicos, y obsolescencia, entre otros.

La construcción del modelo determinístico para la administración de inventarios se encuentra plasmada en el capítulo Cinco.

En el capítulo Seis, se presenta la evaluación y análisis de la aplicación del modelo determinístico para la administración de inventarios de medicamentos y dispositivos médicos para la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

1. ANTECEDENTES

La Administración de inventarios de medicamentos y dispositivos médicos en las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con padecimientos cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, es de vital importancia ya que de ello depende brindar servicios de alta calidad al menor costo posible. A continuación se presentan los antecedentes de la administración de los inventarios en las entidades hospitalarias indicadas, así como del modelo determinístico de inventarios.

1.1 De las entidades hospitalarias semiautónomas, dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas

La Constitución Política de la República de Guatemala, en sus artículos 93 y 42 establece que “el goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna”, y que “El Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes; desarrollará, a través de sus instituciones acciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación, coordinación y las complementarias pertinentes a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social”; asimismo, el artículo 95 indica que “la salud de los habitantes de la Nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento”

El artículo 4 del Código de Salud Decreto número 90-97 del Congreso de la República, establece que el "Estado en cumplimiento de su obligación de velar por la salud de los habitantes y manteniendo los principios de equidad, solidaridad y subsidiaridad, desarrollará a través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en coordinación con las instituciones estatales centralizadas, **descentralizadas** y autónomas, comunidades organizadas y privadas, acciones de promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud.

El Código de Salud Decreto número 90-97 del Congreso de la República, define al sector salud en su artículo 8 como “el conjunto de organismos e instituciones públicas centralizadas y descentralizadas, autónomas, semiautónomas, municipalidades, instituciones privadas, organizaciones no gubernamentales y comunitarias, cuya competencia u objeto es la administración de acciones de salud.

Es una realidad nacional que los hospitales públicos no cuentan con la capacidad instalada para atender pacientes con enfermedades cardiovasculares, las cuales deben tratarse a través de cirugía cardíaca o procedimientos cardiológicos invasivos; por lo tanto, para solventar esta situación el Ministerio de Salud Pública suscribe convenios de prestación de servicios con entidades hospitalarias semiautónomas especializadas.

El artículo 24 del Código de Salud indica “para los efectos de la coordinación de prestación de servicios de salud, el Ministerio de Salud podrá celebrar convenios y contratos con las instituciones que integran el Sector y otras instituciones vinculadas a él”.

Con relación al financiamiento del sector, el Código de Salud establece que “el Estado asignará los recursos necesarios para el financiamiento público de la prestación de servicios de salud, para atender a la población en general.

En tal sentido, la autonomía de gestión generada de la política de descentralización y desconcentración de las instituciones del sector salud, incluye asumir la responsabilidad de los resultados por parte de las autoridades de las Entidades hospitalarias semiautónomas; ello obliga a mantener de manera permanente mecanismos de verificación y control que permitan identificar procesos susceptibles de mejoría, teniendo como fin principal la optimización en el uso de los recursos utilizados para la satisfacción de las necesidades de los usuarios.

En los últimos dos años, las entidades hospitalarias semiautónoma dedicadas a la atención de enfermedades cardiovasculares han experimentado problemas por

desabastecimiento de inventarios de medicamentos y material médico quirúrgico, acumulación de inventarios obsoletos, vencidos y mala utilización de espacios disponibles, provocados por el manejo ineficiente de inventarios.

1.2 De los inventarios en las Entidades Hospitalarias Semiautónomas

Los inventarios existen porque es una forma de evitar problemas de escasez, su objetivo es proveer los materiales necesarios en el momento indicado, sobre todo en entidades hospitalarias, teniendo en cuenta que su objetivo es salvar vidas humanas es imprescindible que cuenten con existencias de medicamentos y material médico quirúrgico. En este tipo de instituciones los inventarios se componen de:

- Medicamentos
- Material Médico Quirúrgico
- Alimentos
- Materiales de Limpieza
- Repuestos y Accesorios
- Papelería y otros

1.3 Del modelo determinístico para la administración de inventarios

“La realización de movimiento y almacenamiento de productos se remonta a los orígenes de la historia; sin embargo, gran parte de la filosofía logística fue desarrollada durante la segunda guerra mundial, a partir de allí las actividades del manejo y control de inventarios se han ido tecnificando (Gualán y Salazar 2007)”.

“Es claro que si el hombre tuviera certidumbre sobre el futuro, podría establecer inequívocamente la cantidad de bienes que debería almacenar para cubrir sus necesidades futuras; sin embargo, esto sencillamente no es posible, surge entonces el problema de determinar en qué cantidad abastecerse para alcanzar

una protección adecuada, esta cantidad deberá encontrarse entre un valor mínimo y otro máximo, razonable (Ponsot 2008)”.

De allí que la forma efectiva para administrar los inventarios es minimizando su impacto adverso, encontrando un punto medio entre la poca reserva y el exceso de reserva. Esta actitud prevaleció en los países industrializados de occidente, incluso después de la segunda guerra mundial.

La gestión de los inventarios ha preocupado a las entidades, cualquiera sea el sector de su actividad, por las razones siguientes:

- No hacer esperar a su cliente
- Comprar los insumos a precios más bajos
- No detener su proceso productivo

Con la finalidad de determinar las cantidades óptimas que deben mantenerse en el almacén, a lo largo de la historia se han desarrollado diferentes modelos para medir la demanda de los insumos y por lo tanto dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse? y ¿Cuándo deben pedirse?

“El desarrollo del primer modelo de inventarios Cantidad Económica de Pedido (Economic Order Quantity -EOQ- por sus siglas en inglés) se le acredita a Ford Whitman Harris (1913), a comienzos de los años 1930; Raymond Wilson Extendió el trabajo de Harris, por esta razón este modelo también es conocido con el nombre de Modelo de Wilson. (Ballou 2004)”.

“La cantidad económica de pedido es el modelo fundamental para el control de inventarios, es un método que tomando en cuenta la demanda determinista, el costo de mantener inventario y el costo de ordenar un pedido, produce la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar costos (Nahmias, 2007)”.

Existen diferentes modelos para la administración de inventarios que van desde simples cálculos hasta sofisticadas aplicaciones matemáticas, la aplicación de estos depende del comportamiento de la demanda, la cual puede ser determinista o probabilística.

El modelo determinista se desarrolla bajo los siguientes supuestos: la demanda es conocida y continúa en el tiempo, el plazo de entrega es constante, al igual que el costo de pedido y almacenamiento, es decir hay certeza respecto a las variables indicadas; mientras que un probabilístico generaría incertidumbre y supondría un comportamiento basado en probabilidades de ocurrencia.

Para validar la aplicación del modelo determinístico de inventarios en las entidades hospitalarias semiautónomas de la ciudad de Guatemala, se toma como referencia el comportamiento de la demanda de los materiales médico-quirúrgicos para perfusión utilizados en sala de operaciones, en los últimos dos años.

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se exponen las teorías científicas que constituyen la base para la propuesta de solución al problema de investigación relacionado con la administración de inventarios a través de un modelo determinístico en entidades hospitalarias semiautónomas, dedicadas a la atención de pacientes que padecen enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, el cual incluye la cantidad óptima de pedido.

2.1 Inventarios

“Se define un inventario como la acumulación de materiales¹ que posteriormente serán utilizados para satisfacer una demanda futura (Moya 1990)”.

Un inventario es el almacenamiento de bienes que se utilizan para la venta, para el consumo en un proceso productivo o prestación de un servicio.

De acuerdo con Sipper y Bulfin (2003), los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajos en procesos y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.

2.2 Inventarios de entidades hospitalarias

Por la especialidad de los servicios que prestan estas entidades, sus inventarios se clasifican principalmente en:

2.2.1 Inventario de medicamentos

Lo constituye la existencia de medicamentos para ser consumidos en la prestación de servicios, entre los cuales encontramos: anestésicos, antibióticos, antiinflamatorios, anticoagulantes, antiácidos, antihemorrágicos, etc.

¹ Se refiere básicamente a materias primas, productos en proceso, productos terminados, repuestos y cualquier clase de insumos; utilizados para la producción o consumo.

2.2.2 Inventario de materiales de limpieza

Está compuesto por líquidos de limpieza, trapeadores, escobas y otros materiales de limpieza y desinfección de instalaciones hospitalarias.

2.2.3 Inventario de repuestos y accesorios

Está integrado por repuestos y accesorios utilizados en el mantenimiento del mobiliario y equipo médico y de oficina.

2.2.4 Inventario de material médico quirúrgico

Este tipo de inventario está formado por elementos materiales que se utilizan en la realización de una intervención quirúrgica y en el cuidado post-operatorio. Entre estos tenemos: agujas, catéteres, electrodos, sondas, dispositivos para perfusión², suturas, cánulas, válvulas, etc.

Los dispositivos para perfusión que se utilizan en una cirugía cardíaca son: oxigenadores, tuberías de circulación extracorpórea, cardioplegia sanguínea, cardioplegia cristaloides, conos para bomba centrífuga y mini-cardioplegia.

Según información proporcionada por médicos especialistas, enseguida se presenta un breve concepto de los distintos dispositivos utilizados en perfusión³:

2.2.4.1 Oxigenadores: hacen la función de los pulmones durante el período de circulación extracorpórea⁴. La tubería consiste en circuitos que derivan la sangre que llega al corazón hacia una máquina que realiza la función del corazón y del pulmón.

² Técnica a través de la cual se realiza la circulación extracorpórea, al momento de realizar una cirugía cardíaca.

³ Morales Reyna, JA, Cabrera Escobar, JA. 2015. (entrevista). Unidad de Cirugía Cardiovascular. Guatemala.

⁴ Sistema artificial de desvío de la sangre fuera del circuito normal del organismo, con el fin de dejar un órgano aislado del flujo sanguíneo para poder operarlo quirúrgicamente.

2.2.4.2 Tuberías de circulación extracorpórea: sistema artificial hecho de PVC grado médico y con recubierta química, que permite transportar la sangre fuera del cuerpo.

2.2.4.3 Cardioplegia sanguínea: sistema artificial hecho de tubería de PVC grado médico, filtros y recámara para atrapar aire, que se utiliza para la conducción de líquidos combinados con sangre para la protección miocárdica durante la cirugía de corazón abierto.

2.2.4.4 Mini-cardioplegia: sistema mínimo de circuito, usado en pacientes pequeños, que permite el envío de la sustancia que protege el corazón, durante las operaciones de corazón abierto.

2.2.4.5 Conos para bomba: sistema descartable que consiste en una cámara y un imán, que al colocarse en un motor permite impulsar la sangre con flujos que simulan la actividad del corazón.

2.3 Administración de inventarios

“Consiste en planear y controlar el volumen del flujo de los materiales, en una entidad, desde que se emite la solicitud de compra hasta la entrega a los consumidores.

La administración de inventarios consiste, no solamente, en tener los productos en el momento y lugar requerido que permita ofrecer el mayor nivel de satisfacción al cliente, sino también en lograr un equilibrio entre los costos de abastecimiento, almacenamiento y de escasez.

Uno de los retos principales de la administración de inventarios es dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿Cuándo debe reabastecerse el inventario? y ¿Cuánto debe ordenarse?

Los elementos tiempo y cantidad son las variables que están sujetas a control en un sistema de inventarios. Una adecuada administración consiste en encontrar el valor de esas variables, con la finalidad de minimizar el costo total.

Además, uno de los problemas que enfrentan las compañías, es que gran parte del capital de trabajo se invierte en los inventarios, que son recursos ociosos temporales, razón por la cual tiene un alto costo mantenerlos (Moya 1990)”.

“El inventario debe ser considerado como una inversión y requiere de fondos al igual que otras inversiones, por lo tanto se debe tener en cuenta el concepto de eficiencia marginal de capital. Este concepto sostiene que una empresa debe invertir en aquellas alternativas que proporcionan una mayor recuperación que los costos del capital de los préstamos (Adam y Ebert 1991)”.

“La labor de la persona que administra un inventario consiste en establecer el balance entre las presiones y los costos conflictivos que actúan tanto a favor de los inventarios bajos como de los altos, y así determinar los niveles apropiados de inventario (Krajewski y Litzman 2000)”.

“La forma efectiva de manejar los inventarios es minimizando su impacto adverso, encontrando un punto medio entre la poca reserva y el exceso de reserva. La gestión de inventarios preocupa a la mayoría de las empresas cualquiera sea el sector de su actividad y dimensión, por tres factores imperativos:

- No hacer esperar al cliente.
- Realizar la producción a un ritmo regular, aun cuando fluctuó la demanda
- Comprar los insumos a precios más bajos.

Una buena gestión de los inventarios precisa definir perfectamente lo siguiente:

- Mercadería a pedir.
- Fechas de pedido.
- Lugar de almacenamiento.
- La manera de evaluar el nivel de stock.
- Forma de reaprovisionamiento (Ramos S.F)”.

2.3.1 Sistema de inventarios

Un sistema de inventarios está compuesto por normas, métodos y procedimientos que deben aplicarse en forma sistemática en la administración de los distintos tipos de inventarios.

La teoría de inventarios trata sobre la determinación de los procedimientos óptimos para la adquisición de existencias de artículos que han de servir para satisfacer una demanda existente o futura. Un sistema de inventarios considera sólo como costos relevantes los siguientes:

- El costo de mantener inventarios, el cual incluye el costo de la inversión, de almacenamiento, manejo, y de obsolescencia o deterioro.
- El costo de escases o déficit de insumos, el cual incluye el costo de las ventas pérdidas o los servicios no prestados.
- El costo de efectuar el pedido o de reabastecimiento de inventarios incluye el costo administrativo de preparar el pedido cuando se trata de artículos terminados o el de preparar la maquinaria para la producción, cuando se trata de productos que requieran ser transformados.

Estos tres tipos de costos se estudiarán con mayor detalle más adelante.

2.3.2 Política de inventarios

Consiste en determinar el nivel de existencias económicamente más conveniente para las empresas. La política de inventarios debe tener como objetivo elevar al máximo el rendimiento sobre la inversión, satisfaciendo las necesidades del mercado. Para lograr establecer una adecuada política de inventarios, debe tomarse en consideración los siguientes factores:

- Las cantidades para satisfacer las necesidades
- La naturaleza perecedera de los artículos

- La duración del período de producción
- La capacidad de almacenamiento
- La suficiencia de capital de trabajo para financiar el inventario
- Los costos de mantener el inventario
- La protección contra la escasez de materias primas y mano de obra
- La protección contra aumento de precios
- Los riesgos incluidos en inventario
- Bajas de precios
- Obsolescencia de las existencias
- Pérdidas por accidentes y robos y
- Falta de demanda

2.3.3 Objetivos básicos de la administración de inventarios

“La administración de los inventarios persigue:

- Minimizar costos y riesgos de adquirir inventarios
- Maximizar el rendimiento sobre la inversión
- Optimizar el nivel de producción
- Coordinación entre producción y compras.
- Prestar un servicio de calidad

2.4 Factores que afectan el nivel de inventarios

La demanda es el elemento clave para determinar el nivel de los inventarios; sin embargo, también los factores siguientes tienen incidencia en el nivel de los mismos.

- Tamaño y frecuencia de los pedidos
- Uniformidad y estabilidad de los consumos
- Tiempo de transporte y entrega (período de reabastecimiento)
- Riesgo de obsolescencia
- Inventario de seguridad
- Capacidad Instalada
- Recursos Financieros (Morales 2006)".

2.5 Costos de los inventarios

“Los inventarios representan una inversión cuantiosa, por tal razón es importante minimizar sus costos y el reto para el administrador es alcanzar el nivel deseado de servicio al cliente a un costo mínimo.

Los costos que están directamente asociados con los inventarios son:

2.5.1 Costo o precio de compra

Incluye el precio de un artículo más los impuestos, los gastos de compra y los costos del transporte. Si la compañía produce el artículo, entonces, el costo completo que debe incluirse se llama costo de producción. Se usará precio como sinónimo de costo de compra o costo de adquisición.

2.5.2 Costo de ordenar

Lo constituye, los gastos en que incurre la empresa para la preparación de un pedido dentro de los cuales se incluyen gastos de cotización, teléfono, fax, internet, mano de obra para preparar la orden, todos estos se concentran en el Departamento de compras y el de Bodega.

2.5.3 Costo de conservación o mantenimiento

Dentro de los costos de mantener se incluyen el costo de capital (financieros), equipo de almacenamiento y movimientos, edificios, costo de espacio ocupado, depreciación, rentas, impuestos, seguros, costo de oportunidad, riesgos, deterioro, mermas, desperdicios, obsolescencia, costo de personal, etc.

2.5.4 Costo de faltantes o de escasez

Estos son los costos de penalización en que se incurre cuando se queda sin la mercancía cuando ésta se necesita. Generalmente comprende costos debido a pérdida de clientes, prestigio y pérdida potencial de utilidad debido a pérdidas en ventas (Morales 2006)".

2.5.5 Costo de oportunidad

Para financiar un inventario, las entidades tienen que conseguir un préstamo o perder la oportunidad de hacer una inversión que prometía un rédito atractivo (Krajewski y Litzman 2000)".

2.5.6 Costo total

Es la integración de los costos de adquisición, de pedido, de mantenimiento, de escasez y de oportunidad.

Los costos antes mencionados están íntimamente relacionados, pues cuando se disminuye un costo, los otros podrían incrementar.

2.6 Modelos de inventarios

Los modelos de inventarios son métodos que ayudan a reducir o minimizar los niveles de inventarios requeridos en la producción o prestación de algún servicio. Previo a la preparación de pedidos, una entidad requiere conocer los niveles dentro de los cuales pueden oscilar sus existencias de inventarios, para realizar sus operaciones de forma ininterrumpida:

a. Nivel máximo

Este nivel está determinado por la capacidad instalada total, para el almacenamiento.

b. Nivel óptimo

Es definido como aquel en el que se está en capacidad de satisfacer la demanda y es el punto en que el costo de administrar es el más bajo. Para determinar el nivel óptimo debe comenzarse por establecer los costos que implican comprar y manejar el inventario y posteriormente comprobar el punto en que estos se minimicen.

c. Nivel de seguridad

Es el que sirve para soportar las fluctuaciones imprevistas de la cantidad demandada, garantizando la continuidad del flujo de operaciones.

Los modelos de inventarios son utilizados para desarrollar políticas encaminadas a minimizar los costos totales de los inventarios.

2.6.1 Características de los modelos de inventarios

La administración científica de inventarios busca a través de técnicas como la investigación de operaciones encontrar las políticas óptimas de inventarios. A continuación se explica brevemente los parámetros y características que deben tomarse en consideración para diseñar un modelo de inventarios.

✓ **Alcance**

Define si el modelo resuelve un problema de un solo o múltiples niveles, mismos que pueden ser múltiples estaciones de trabajo o diferentes procesos productivos.

✓ **Demanda**

Corresponde a la cantidad de artículos necesarios para cubrir un pedido, producir un bien o prestar un servicio. Esta se puede observar desde dos dimensiones, en primera instancia puede ser constante o variable, o bien, aleatoria o determinística. La demanda constituye el componente más importante de un sistema de inventarios.

✓ **Plazos de entrega**

Es el tiempo que transcurre entre la decisión de ordenar un lote y el ingreso del mismo al inventario, este puede ser aleatorio o determinístico.

✓ **Exceso de demanda**

Define que ocurre con la demanda no satisfecha

✓ **Tiempo de revisión**

Define cada cuánto tiempo se tiene la posibilidad de conocer el inventario disponible, se divide en modelos de revisión continua y periódica.

✓ **Vida útil**

Indica si los productos tienen tiempos de deterioro o niveles de obsolescencia.

✓ **Costos de inventarios**

Corresponde a los costos incurridos para adquirir y mantener inventarios.

Los elementos tiempo y cantidad son las variables que están sujetas a control en cualquier modelo de inventarios.

2.6.2 Modelo de inventario generalizado.

“El objetivo final de cualquier modelo de inventario es dar respuesta a las siguientes interrogantes:

1. ¿Qué cantidad de artículos debe pedirse?
2. ¿Cuándo debe pedirse?

La respuesta a estas preguntas se basa en minimizar el siguiente modelo de costo:

$$CTQ = \text{Costo de compra} + \text{Costo de ordenar} + \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{cantidad}} + \text{Costo de faltante}$$

Todos estos costos se deben expresar en la cantidad económica de pedido (¿Cuánto pedir?) y el tiempo entre los pedidos (¿Cuándo pedir?) (Taha 2004)”

“La respuesta a la primera pregunta se expresa en términos de lo que se conoce como la cantidad óptima de pedido. Esta representa la cantidad óptima a ordenar cada vez que se realice un pedido y puede variar con el tiempo, dependiendo de la situación que se considere.

El modelo general de inventarios parece ser bastante simple, entonces, ¿por qué existen variedad de modelos que van desde el empleo del simple cálculo a refinadas aplicaciones de programación dinámica y matemática? La respuesta radica en la demanda: Sí la demanda del artículo es determinista o probabilística (Sánchez S.F)”.

2.6.3 Modelo cantidad óptima de pedido o modelo de Harris Wilson

Es un modelo matemático usado como base para la administración de inventarios en el cual la demanda y el tiempo líder son determinísticos, no se permiten los déficits y el inventario se reemplaza por lotes al mismo tiempo.

“El modelo EOQ permite determinar la cantidad de ordenar que minimice los costos totales del inventario. Los supuestos primarios del modelo son: 1). Que la demanda se distribuye por lo regular a lo largo del período del estudio y se puede pronosticar con precisión, 2) Que las ordenes se reciben cuando se esperan y 3) que el precio de compra de cada artículo en el inventario es el mismo, sin importar la cantidad demandada. (Besley y Brigham 2011)”.

2.6.3.1 Ampliación del modelo EOQ

“Es evidente que algunos de los supuestos necesarios para que el **EOQ** básico sea válido no son realistas. Para que el modelo resulte útil es posible aplicar algunas ampliaciones simples. Si hay atraso en la recepción del pedido, la empresa tiene que volver a ordenar antes de quedarse sin inventario; además una demanda inesperada podría provocar quedarse sin inventario, antes de la entrega del nuevo inventario. Para evitar esta situación la empresa podría manejar inventarios de seguridad, los cuales representan inventario adicional que sirve para protegerse ante la demanda inesperada; otro factor que una empresa debería considerar para determinar los niveles de inventarios apropiados es si sus proveedores ofrecen descuentos por la compra de grandes cantidades (Besley y Brigham 2011)”.

El objetivo de este modelo es encontrar la cantidad óptima que minimiza el costo total. Sin embargo, es conveniente determinar los siguientes parámetros:

a) Punto de reorden

Es el nivel de inventario en el que debe colocarse una nueva orden, el cual se establece de acuerdo a las necesidades de la empresa, tomando como referencia el consumo de inventario por semana y el tiempo que se tarda la nueva orden para entrar. Este se determina a través de la siguiente fórmula:

PUNTO DE RE-ORDEN	=	TIEMPO DE ENTREGA	*	CONSUMO DIARIO	+	INVENTARIO DE SEGURIDAD
--------------------------	---	--------------------------	---	-----------------------	---	--------------------------------

b) Inventario de seguridad

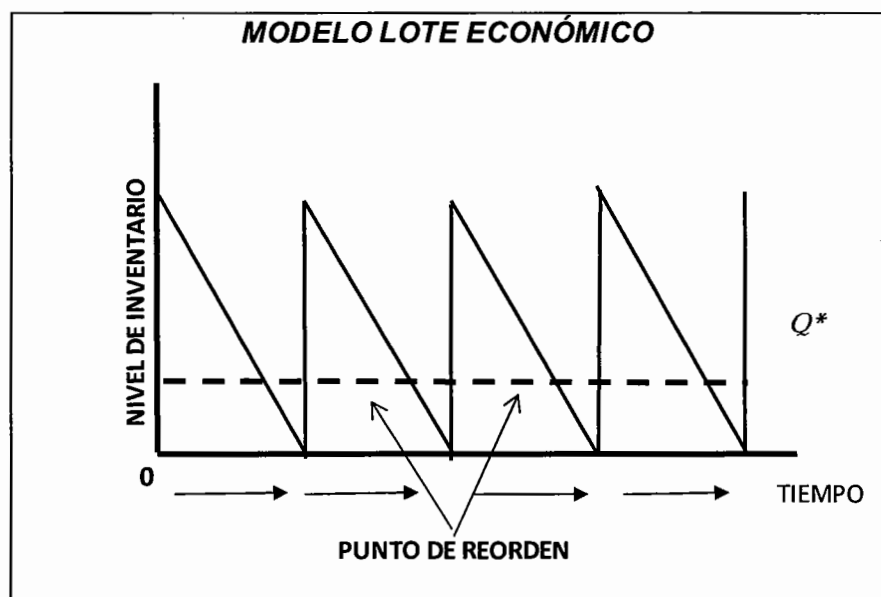
Inventarios adicionales que sirven para proteger a la empresa contra los cambios de la demanda y los tiempos de entrega de los productos por parte de los proveedores.

c) Nivel óptimo de inventario

Es definido como aquel en el que se está en capacidad de satisfacer la demanda y es el punto en que el costo de administrar es el más bajo. Para determinar el nivel óptimo debe comenzarse por establecer los costos que implican comprar y manejar el inventario y posteriormente comprobar el punto en que estos se minimicen.

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento de la demanda en función del tiempo y el efecto del modelo EOQ, el cual permite calcular la cantidad de productos que debe haber en el inventario para emitir un nuevo pedido, pues esta cubrirá la demanda durante el tiempo que tarda en ingresar el producto.

Gráfica 1. Modelo de lote económico



Fuente: Con base en la Figura 10-8 A Home, James C Van & Wachowicz John M. Jr. Fundamentos de Administración Financiera

2.6.4 Modelo determinístico

“Es un modelo matemático donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza (Eppen 2000)”.

“El modelo determinístico se desarrolla bajo los siguientes supuestos: la demanda es constante, el nivel más alto del inventario ocurre cuando se entrega la cantidad ordenada, la demora en la entrega se supone una constante conocida. Mientras más pequeña es la cantidad ordenada, más frecuente será la colocación de nuevos pedidos; sin embargo, se reducirá el nivel del inventario (promedio) mantenido en la bodega.

Por otro lado, pedidos de mayor cantidad implican un nivel de inventario mayor, pero colocaciones menos frecuentes de pedidos.

Como existen costos asociados al colocar pedidos y mantener inventario en el almacén, la cantidad del artículo se selecciona para permitir un compromiso entre ambos costos (Sánchez S.F)”.

La aplicación del modelo determinístico que incluye la cantidad económica de pedido, para el control y manejo de los inventarios, permite establecer: la cantidad de pedidos, la frecuencia de los mismos, el costo de manejo y los costos adicionales de escasez.

2.6.4.1 Variables del modelo determinístico⁵

Para formular el modelo determinístico que incluya la cantidad económica de pedido, se requieren ciertos supuestos:

1. La demanda es determinística y ocurre a tasa constante.

⁵ Disponible en http://www.inf.utfsm.cl/~esaez/fio/s1_2004/apuntes/inventarios_s1_2004.pdf. Consultado el 7 de noviembre de 2014.

2. Si una orden tamaño Q es efectuada, se incurre en costos de ordenar Co.
3. El lead time para cada orden es nulo.
4. No se acepta mantener órdenes pendientes.
5. El costo de mantener un inventario durante un año es Ch.

2.6.4.1.1 Demanda Determinista

“La demanda de artículos por períodos se conoce con certeza. Una demanda determinista puede ser:

- **Estática**

En el sentido que la tasa de consumo permanece constante durante el transcurso del tiempo.

- **Dinámica**

Donde la demanda se conoce con certeza, pero varía al período siguiente (Sánchez S.F).”

2.6.4.1.2 Tiempo de reaprovisionamiento (Lead time)

Es el que transcurre entre la emisión de una orden y la llegada los productos solicitados, el cual debe ser conocido.

2.6.4.1.3 Costo de ordenar y costo de mantener⁶

Los costos de ordenar incluyen todos los gastos en que se incurre desde que se realiza el pedido hasta que ingresan los bienes al almacén; el costo de mantener está compuesto por los gastos relativos al manejo del inventario como la renta de

⁶ Disponible en http://www.inf.utfsm.cl/~esaez/fio/s1_2004/apuntes/inventarios_s1_2004.pdf consultado el 7 de noviembre 2014.

las bodegas y el seguro, estos pueden aumentar en cantidad directa a la cantidad del inventario que se maneja. El costo de mantener aumenta con niveles altos de inventarios pero el costo de ordenar se minimiza pues se realizan menos pedidos.

La expresión matemática para el cálculo de estos costos es:

COSTOS DE MANEJO	=	COSTO DE MANEJO POR UNIDAD	*	UNIDADES PROMEDIO
-------------------------	----------	---------------------------------------	----------	------------------------------

$$\text{COSTO DE MANEJO} = (C_h * PC) * (Q/2)$$

En donde:

C_h = Costos de manejo como porcentaje del precio de compra de cada artículo del inventarios.

PC = Precio de compra o costo por Unidad

Q = Número de unidades compradas por cada orden

COSTOS DE ORDENAR	=	COSTO POR ORDEN	*	No. DE ORDENES
--------------------------	----------	------------------------	----------	-----------------------

$$C_o = \text{COSTO POR ORDEN} * (D/Q)$$

En donde:

C_o = Costo de ordenar

D = Demanda total

Q = Número de unidades por orden

Entonces, la cantidad óptima de pedido se determina cuando la función de costo total llega a su mínimo y esto se logra cuando la derivada del costo total con respecto a la cantidad es igual a cero de donde se obtiene la formula siguiente:

$$Q^* = \sqrt{2CoD/CH}$$

Dónde.

Q^* = Número de unidades compradas en cada orden

D = Demanda total, o número de unidades vendidas o consumidas por período.

Ch = Costo de manejo como porcentaje del precio de compra de cada artículo

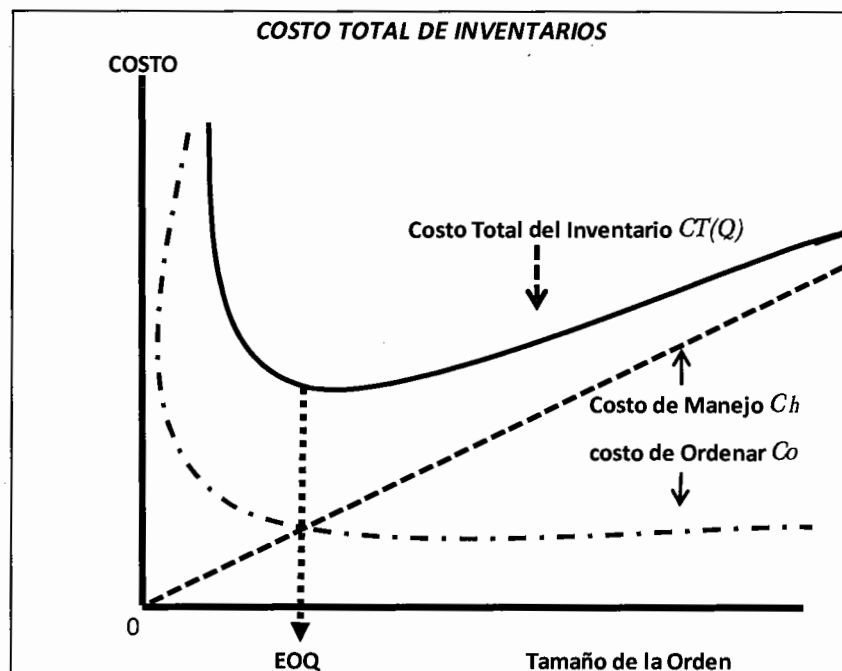
Co = Costos de ordenar

Pc = Precio de compra

Es importante hacer notar que el tamaño de orden óptima Q^* es independiente al costo de comprar Pc , debido a que el precio a pagar no depende del tamaño de la orden, por otro lado, se puede demostrar que el óptimo ocurre exactamente cuándo se iguala el costo de ordenar al costo de mantener unidades en el inventario; este punto es donde se minimizan los costos totales.

En la siguiente gráfica se muestra la relación de los costos del manejo de inventarios.

Gráfica 2. Modelo **EOQ**



Fuente: Figur 15-3 de Scott Besley / Eugene F. Brigham, Fundamentos de Administración Financiera.

En esta figura se muestra la relación entre los costos de manejo y los costos de ordenar, el punto óptimo *EOQ* es donde estos se minimizan.

2.7 Análisis de tendencias

“Si bien el futuro es incierto, no deja de ser verdad que los acontecimientos futuros son también producto del pasado. Una parte del futuro se puede discernir a partir de tendencias que vienen desarrollándose desde hace tiempo. El análisis de tendencias trata de discernir el impacto de los eventos pasados y presentes sobre los eventos futuros (Francés A. 2006)”.

Analizar tendencias significa ver hacia atrás para proyectar el futuro; por lo tanto a través del análisis de datos históricos se puede proyectar el futuro, sin embargo; es necesario considerar otras situaciones asociadas a lo que se pretende proyectar.

A través del análisis de tendencias se busca establecer el comportamiento histórico y actual del consumo del material médico quirúrgico en las entidades hospitalarias y proyectar la demanda para los siguientes años.

2.8 Leyes y regulaciones aplicables a las compras y contrataciones de material médico quirúrgico

Las contrataciones y adquisiciones que realizan las entidades hospitalarias semiautónomas están reguladas en el Decreto número 57-92 del Congreso de la República, Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento, Acuerdo Gubernativo número 1056-92, así mismo la Resolución número 30-2009 del Ministerio de Finanzas Públicas que contiene las normas para el uso del sistema de información de contrataciones y adquisiciones del Estado Guatecompras.

De acuerdo con el valor de las adquisiciones, la Ley de Contrataciones establece los siguientes regímenes de compras:

2.8.1 Compra directa

La Ley de Contrataciones del Estado Decreto número 57-92 del Congreso de la República, en su artículo 43 define como compra directa “La contratación que se efectúe en un solo acto, con una misma persona y por un precio de hasta noventa mil quetzales (Q. 90,000.00).”

Estas compras serán realizadas bajo la responsabilidad y autorización previa de la autoridad administrativa superior de la entidad que ejecute la adquisición.

2.8.2 Régimen de cotización

De acuerdo con el artículo 38 de La Ley de Contrataciones del Estado Decreto número 57-92 del Congreso de la República, “cuando el precio de los bienes, de las obras, suministros o remuneraciones de los servicios exceda de noventa mil Quetzales (90,000.00)” y no sobre pasa novecientos mil quetzales (Q.900, 000.00) la compra o contratación podrá hacerse por el sistema de cotización.

Además, el artículo 38 de la citada Ley, establece que “En el sistema de cotización, la presentación de las bases, designación de la Junta y aprobación de la adjudicación compete a la autoridad administrativa” que para el caso de las entidades objeto de estudio está representada en el Director General.

La junta de cotización tendrá a su cargo la recepción de las ofertas, calificación y adjudicación de la compra; en el artículo 15 de la Ley de Contrataciones del Estado Decreto número 57-92 del Congreso de la República indica que “La Junta de Cotización se integrará con tres miembros que sean servidores públicos de la entidad contratante, nombrados por la autoridad administrativa superior”.

2.8.3 Régimen de licitación

Cuando el monto total de los bienes, suministros y obras supere novecientos mil quetzales (Q. 900,000.00) la adquisición deberá realizarse a través de licitación pública.

Según el artículo 18 de la Ley de Contrataciones del Estado Decreto número 57-92 del Congreso de la República, “Para llevar a cabo la Licitación Pública, deberán elaborarse, según el caso, los documentos siguientes:

1. Bases de licitación,
2. Especificaciones generales,
3. Especificaciones técnicas,
4. Disposiciones Especiales, y
5. Planos de construcción, cuando se trate de obras.”

La junta de licitación, tendrá las mismas atribuciones que la junta de cotización; en el artículo 11 de la mencionada Ley, se indica que “la junta de licitación se integrará con cinco miembros, preferentemente que sean servidores públicos de la entidad contratante, quienes serán nombrados por la autoridad administrativa superior de dicha entidad”.

Tanto las bases de cotización como los documentos de licitación deberán publicarse en el Sistema de Información de Contrataciones y Adquisiciones del Estado Guatecompras; además, los documentos de licitación deben publicarse en el Diario Oficial.

Tal como se muestra en la tabla siguiente, los plazos para concretar una compra dependen del monto de la adquisición. Tomando en consideración que una de las variables más importantes para diseñar un modelo para administrar inventarios es el tiempo o período de reabastecimiento; es necesario conocer los tiempos en que incurren las entidades hospitalarias, objetos de estudio, para adquirir e ingresar a bodega los productos.

Tabla 1. Modalidades de compra por monto

MONTO		REGIMEN DE COMPRA	TIEMPO DEL PROCESO
DE	A		
0.01	90,000.00	Compra Directa	3 Semanas
90,000.01	900,000.00	Cotización	12 semanas
900,000.01	En adelante	Licitación	16 Semanas

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de Ley de Contrataciones del Estado Decreto 57-92.

El tiempo de cada proceso, según la tabla anterior, fue calculado tomando como base los distintos plazos que manda la Ley de Contrataciones del Estado.

2.9 Enfermedades cardiovasculares⁷

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades cardiovasculares (ECV) son un grupo de desórdenes del corazón y de los vasos sanguíneos, entre los que se incluyen:

- **La cardiopatía coronaria:** enfermedad de los vasos sanguíneos que irrigan el músculo cardíaco;
- **Las enfermedades cerebrovasculares:** enfermedades de los vasos sanguíneos que irrigan el cerebro;
- **Las arteriopatías periféricas:** enfermedades de los vasos sanguíneos que irrigan los miembros superiores e inferiores;
- **La cardiopatía reumática:** lesiones del músculo cardíaco y de las válvulas cardíacas debidas a la fiebre reumática, una enfermedad causada por bacterias denominadas estreptococos;

⁷ Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/> consultado el 15 de julio 2015

- **Las cardiopatías congénitas:** malformaciones del corazón presentes desde el nacimiento; y
- **Las trombosis venosas profundas y embolias pulmonares:** coágulos de sangre (trombos) en las venas de las piernas, que pueden desprenderse y alojarse en los vasos del corazón y los pulmones.

Los ataques al corazón y los accidentes vasculares cerebrales (AVC) suelen ser fenómenos agudos que se deben sobre todo a obstrucciones que impiden que la sangre fluya hacia el corazón o el cerebro. La causa más frecuente es la formación de depósitos de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos que irrigan el corazón o el cerebro. Los AVC también pueden deberse a hemorragias de los vasos cerebrales o coágulos de sangre. Los ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares (ACV) suelen tener su causa en la presencia de una combinación de factores de riesgo, tales como el tabaquismo, las dietas malsanas y la obesidad, la inactividad física, el consumo nocivo de alcohol, la hipertensión arterial, la diabetes y la hiperlipidemia.

Reportes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que las enfermedades cardiovasculares causaron 17.5 millones de muertes en el mundo, durante 2012, para 2030 podrían morir 23.3 millones de persona por este tipo de enfermedades.

2.9.1 Principales factores de riesgo cardiovascular

Según la OMS las causas más importantes de cardiopatía y accidentes vasculares cerebrales (AVC) son una dieta malsana, la inactividad física, el consumo de tabaco y el consumo nocivo de alcohol. Los efectos de los factores de riesgo comportamentales pueden manifestarse en las personas en forma de hipertensión arterial, hiperglucemia, hiperlipidemia y sobrepeso u obesidad. Estos son indicativos de un aumento del riesgo de sufrir ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares, insuficiencia cardíaca y otras complicaciones.

2.9.2 Enfermedades cardiovasculares en Guatemala

“En la primera década del siglo XXI, las enfermedades cardiovasculares no sólo representan las principales causas de mortalidad, morbilidad y discapacidad en los países desarrollados, si no también contribuyen de manera significativa con la carga global de mortalidad en los países en desarrollo (Guzmán Melgar 2012)”.

“La combinación de patologías y estilos de vida poco saludables condicionan el apareamiento de la enfermedad cardiovascular, la que se está convirtiendo en la epidemia del siglo XXI. En Guatemala prevalece una distribución bimodal, en donde no hemos salido de la desnutrición como un problema de salud pública en el área rural y estamos teniendo problemas de sobrepeso y obesidad en las áreas urbanas del país.

Los eventos cardiovasculares (síndrome coronario agudo, cardiopatía isquémica, enfermedades cerebrovascular, y enfermedad arterial periférica) son una de las principales causas de consulta en los hospitales tanto públicos como privados, debido al sorprendente apareamiento de la alta prevalencia de los factores de riesgo cardiovascular en nuestro país (Guzmán Melgar 2014)”.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la segunda causa de defunciones a nivel nacional, en 2013, fueron las enfermedades del sistema circulatorio, con el 16% del total de las defunciones, entre las principales enfermedad de este tipo se encuentran, las hipertensivas, cerebrovasculares, isquemia del corazón, entre otras. Para 2013 la tercera parte de estas defunciones corresponden al infarto agudo al miocardio, seguido de la insuficiencia cardíaca.

2.9.3 Tratamiento de enfermedades Cardiovasculares

La OMS ha identificado una serie "inversiones óptimas" o intervenciones muy eficaces para prevenir y controlar las enfermedades cardiovasculares, cuya aplicación es viable incluso en entornos con escasos recursos.

La principal es la prevención de la enfermedad tanto a nivel poblacional como individual; la prevención secundaria en pacientes con diagnóstico definitivo, por ejemplo la administración de tratamientos farmacológicos. Por otro lado se requiere a veces costosas operaciones quirúrgicas para tratar enfermedades cardiovasculares como:

- Derivaciones Coronarias
- Revascularización coronaria
- Reparaciones y sustituciones valvulares
- Resección de aneurisma aorta ascendente, etc.

2.9.4 Cirugías cardíacas⁸

La cirugía cardíaca es la especialidad de la medicina que se encarga del estudio, prevención y tratamiento de enfermedades del corazón y los vasos sanguíneos principales. La cirugía cardíaca ha experimentado una importante evolución en los últimos años, lo que ha permitido que en la actualidad se puedan solucionar a través de cirugías la mayoría de patologías tanto adquiridas como congénitas.

Dos adelantos importantes en medicina hicieron posible la cirugía cardiovascular:

- La máquina de circulación extracorpórea, que asume las funciones del corazón.
- Las técnicas de enfriamiento corporal, que permiten prolongar el tiempo de la intervención sin causar daño cerebral.

2.9.4.1 Circulación extracorpórea⁹

Técnicas de protección cardíaca, que permiten detener el corazón durante varias horas, de ser necesario. Estas técnicas permiten a los cirujanos realizar

⁸ Cruz Molina, J R. 2015. (entrevista). Unidad de Cirugía Cardiovascular. Guatemala.

⁹ Disponible en: http://www.texasheart.org/HIC/Topics_Esp/Proced/ consultado 10 de noviembre de 2014.

reparaciones más extensas en cirugías cardíacas complejas, se realiza a través de una máquina de circulación extracorpórea, esta máquina también es llamada máquina de derivación pulmonar, asume las funciones del corazón y los pulmones encargándose de las acciones de bombeo y oxigenación de la sangre.

Cuando los pacientes están conectados a una máquina de circulación extracorpórea que está asumiendo las funciones del corazón y de los pulmones, los cirujanos pueden operar el corazón pues este permanece inmóvil y no está lleno de sangre.

Como la máquina está realizando las mismas funciones que realizarían el corazón y los pulmones, ésta transporta la sangre desde la cavidad superior derecha del corazón a un dispositivo especial denominado oxigenador, dentro del cual las burbujas de oxígeno se mezclan con la sangre y se introduce en los glóbulos rojos esto hace que la sangre cambie de color rojo oscuro (pobre en oxígeno) a rojo vivo (rica en oxígeno), enseguida un filtro retira las burbujas de aire de la sangre rica en oxígeno y la transporta por un tubo plástico hasta llegar a la aorta y de esta a todo el organismo.

La máquina de circulación extracorpórea es manejada por médicos especialistas en flujos sanguíneos denominados perfusionistas.

Las técnicas de enfriamiento permiten detener el corazón durante períodos prolongados sin dañar el tejido cardíaco. La sangre se enfría al pasar por la máquina de circulación extracorpórea, cuando el corazón se enfría se enlentece y se detiene.

3 METODOLOGÍA

En esta sección se describen los procedimientos aplicados para solucionar el problema planteado. El sector objeto de estudio en la presente investigación, lo constituyen las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con padecimientos cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas.

3.1 Definición del problema

En la actualidad las entidades hospitalarias semiautónomas encargadas de la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, manejan sus inventarios con base en el conocimiento empírico de las personas encargadas de la administración de los mismos, sobre el comportamiento de la demanda; sin embargo, este tipo de conocimiento en la mayoría de las veces no es acertado, pues no tiene claramente definida la cantidad de pedidos que se deben realizar, así como la frecuencia de los mismos, provocando desabastecimientos, vencimiento y obsolescencia de medicamentos y material médico quirúrgico.

Mantener niveles de inventarios que satisfagan completamente la demanda de los distintos servicios de un hospital, trae consigo requerimientos de presupuesto y espacio que no todos los hospitales están en la capacidad de costear. Por tal razón, se buscó desarrollar un modelo, para administrar los inventarios, que mejore la disponibilidad de los materiales médicos quirúrgico, que reduzca el costo de su manejo, y que optimice el uso de los recursos físicos y financieros en las entidades que integran el sector, en cuya realidad se reconoció una situación crítica, debido al ineficiente manejo de los inventarios.

3.1.1 Punto de vista

Gestión administrativa y financiera de inventarios.

3.1.2 Delimitación del problema

El sector objeto de la presente investigación, lo constituyen las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con padecimientos cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, ubicadas en la ciudad de Guatemala.

3.1.2.1 Unidad de análisis

Se tomó como sujeto de estudio la entidad que por sus características representa ampliamente al sector. El nombre de la misma no se revela por razones de confidencialidad.

3.1.2.2 Período histórico

Para desarrollar el modelo se tomó información de los niveles de inventarios, desabastecimiento y demanda de los dos últimos años (2014 y 2013).

3.3 Objetivos

Los objetivos de investigación plantados, se describen a continuación:

3.3.1 Objetivo general

Implementar un modelo determinístico para la administración de inventarios de materiales médico-quirúrgicos de perfusión, en las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, en la ciudad de Guatemala.

3.3.2 Objetivos específicos

En el desarrollo de la investigación se lograron los siguientes objetivos:

- ✓ Realizar un diagnóstico de la situación administrativa y financiera del manejo de inventarios, incluyendo desabastecimiento, vencimiento de medicamentos y dispositivos médicos, y obsolescencia.

- ✓ Establecer el costo de manejo de los inventarios de materiales médico-quirúrgicos de perfusión, la gestión de los pedidos y la demanda insatisfecha.
- ✓ Establecer las variables necesarias para el desarrollo del modelo determinístico de inventario.
- ✓ Aplicar el modelo determinístico para la administración de inventarios de materiales médico-quirúrgicos para perfusión que incluya la determinación de la cantidad óptima de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés), y la minimización de costos para el manejo de inventarios.
- ✓ Realizar un análisis y evaluación financiera de la aplicación del modelo determinístico para la administración de inventarios del material médico quirúrgico de perfusión.

3.4 Hipótesis

El desarrollo e implementación del modelo determinístico que incluye la cantidad económica de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés), para la administración de inventarios de material médico quirúrgico de perfusión, en entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes que padecen enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, determina la cantidad óptima de pedido, mejora la disponibilidad de insumos médicos, reduce el costo de manejo de inventarios de medicamentos y material médico quirúrgico, los inventarios obsoletos y vencidos; así como, los costos adicionales por escasez, y en general optimiza el uso de recursos físicos y financieros, para la prestación de un servicio oportuno y de calidad a los pacientes con afecciones cardiovasculares.

Las variables que se desprenden de la hipótesis planteada son las que se indican a continuación.

3.4.1 Variable independiente

Administración de inventarios de materiales médico-quirúrgicos de perfusión a través de un modelo determinístico.

3.4.2 Variables dependientes

- Cantidad óptima de pedido;
- Disponibilidad de insumos médicos;
- Costo de manejo de inventarios;
- Inventarios obsoletos y vencidos;
- Costos adicionales por escasez de medicamentos y material médico-quirúrgico; y,
- Recursos físicos y financieros para la prestación de un servicio oportuno y de calidad a los pacientes con afecciones cardiovasculares.

3.5 Métodos y técnicas utilizados

Para el desarrollo de la presente investigación se hizo uso de los siguientes métodos y técnicas:

3.5.1 Método científico

En la presente investigación se aplicó el método científico, en sus diferentes fases; las cuales se describen enseguida:

3.5.2 Fase indagadora

En esta fase se realizaron las investigaciones pertinentes en una sección representativa del sector, con el objetivo de conocer la situación actual de la forma en que se están administrando los inventarios en las entidades hospitalarias semiautónomas, dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades

cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas. Derivado de la información obtenida, se decidió tomar como sujeto de estudio la entidad que por sus características representa ampliamente al sector.

3.5.3 Fase demostrativa

En esta fase se organizó, analizó y se relacionaron los datos obtenidos en la fase indagadora. Con esta información se procedió a desarrollar el modelo de administración de inventarios, definiendo las variables que interviene en el mismo.

Además se realizó la aplicación del modelo, para verificar si el mismo respondía a la hipótesis planteada.

3.5.4 Fase expositiva

En esta etapa se dan a conocer los resultados obtenidos de la aplicación del modelo para la administración de inventarios.

3.6 Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación utilizadas, tanto documentales como de campo, fueron las siguientes:

3.6.1 Técnicas de investigación documental

Se consultó información relativa a los modelos de administración de inventarios en libros de texto, revistas, leyes, reglamentos, artículos, tesis, publicaciones en línea y documentos electrónicos.

3.6.2 Técnicas de investigación de campo

La investigación se realizó tomando como base la información administrativa y financiera del manejo de inventarios, de la entidad que por sus características representa ampliamente al sector en la ciudad de Guatemala. Las técnicas aplicadas fueron las siguientes:

- Observación del proceso de gestión de inventarios en la unidad de análisis, para obtener información del sector.
- Entrevista con personas de amplia experiencia y conocimiento del tema, tanto a nivel administrativo como médico.
- Cálculos y análisis de los resultados de la investigación.
- Ordenamiento y presentación de la información.

3.7 Instrumentos

Para la realización del presente trabajo de investigación se realizaron los siguientes instrumentos de cálculo:

- Cálculo y análisis de Costos de Inventarios
- Análisis de tendencia de la demanda de insumos
- Determinación de las cantidades óptimas de pedido
- Determinación de los costos por escasez
- Cálculo y análisis de la disminución total de costos
- Cálculo del punto de reorden

4 ANÁLISIS ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DEL INVENTARIO DE MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN

En este capítulo se presenta el resultado del análisis de la forma en la que las entidades hospitalarias semiautónomas encargadas de la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas, manejan sus inventarios. A continuación se describe el mecanismo utilizado para determinar los niveles máximos, mínimos y de seguridad; así como los factores que afectan dichos niveles. La determinación del costo en el que incurren este tipo de entidades, en el manejo de sus inventarios es también objeto de análisis.

4.1 Diagnóstico y evaluación del manejo de inventarios

Tal como se mencionó en la definición del problema de investigación, este tipo de entidades administran sus inventarios con base en el conocimiento empírico de las personas que tienen a su cargo el manejo de estos.

Dentro del proceso administrativo se tiene un equipo de personas encargadas de velar por el buen funcionamiento de las operaciones y de la logística de los inventarios. La administración de los mismos está a cargo del personal de bodega, integrado por un jefe y sus auxiliares, quienes dependen directamente de la Dirección Administrativa; además, el personal del Departamento de Compras está íntimamente relacionado con las operaciones del inventario.

La función principal del personal de bodegas y compras es evitar los desabastecimientos y mantener siempre lo necesario para que las instituciones brinden sus servicio de forma ininterrumpida; empero, esto no siempre se logra por una serie de factores que afectan el reabastecimiento de los productos consumidos, los cuales se explicaran más adelante.

Las entidades tienen habilitadas dos bodegas para el almacenamiento de sus productos. En una bodega se manejan los productos medicinales y farmacéuticos,

denominada Farmacia Interna y en la otra el material médico quirúrgico la cual recibe el nombre de Bodega General; en ésta última se almacenan los productos para perfusión.

La política de estas entidades para manejar las existencias de material médico quirúrgico y medicamentos, se basa en la determinación de niveles mínimos y máximos, los cuales son calculados tomando como base los consumos históricos, sin incluir el consumo que se genera en el período de reabastecimiento, el cual puede ser afectado por una serie de variables, entre ellas: los plazos legales que se requieren en el proceso de adquisición, el tiempo de respuesta de los proveedores para entregar los pedidos, el espacio físico de las bodegas y otras. El nivel mínimo está calculado para cubrir el consumo de 4 meses y el nivel máximo para el de 6 meses.

En estas entidades las solicitudes de compra son emitidas cuando las existencias llegan al nivel mínimo y la cantidad de productos requerida es la que lleva el inventario al nivel máximo; sin embargo, durante el tiempo de reabastecimiento se generan consumos que no son considerados al momento de emitir la solicitud, por consiguiente cuando ingresan los productos estos no cubren el nivel máximo, lo que ocasiona que se emita un número mayor de pedidos, en la siguiente gráfica se puede observar en detalle esta situación.

Gráfica 3. Recurrencia en la emisión de pedidos

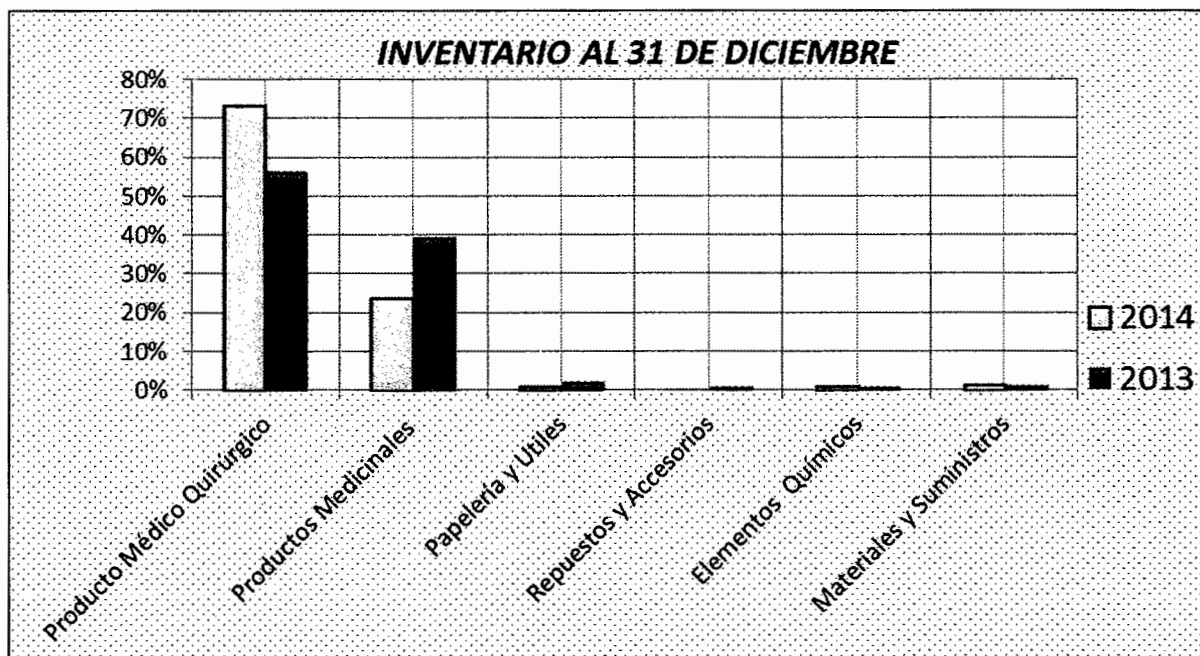
ESQUEMATIZACIÓN DE LA RECURRENCIA DE LOS PEDIDOS								
Departamento de Bodega								
Sistema actual de compras								
PRODUCTO XX								
Promedio mensual:						10 unidades		
Mínimo para 4 meses:						40 unidades		
Máximo para 6 meses:						60 unidades		
Existencia Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio/ Noviembre	Diciembre
60	50	40	30+20=50	40	30+20=50	40		40
		↓	↓	↓	↓	↓		↓
		Solicitud 20 unidades	Ingreso 20 unidades	Solicitud 20 unidades	Ingreso 20 unidades	Solicitud 20 unidades	→	Solicitud 20 unidades
		1		2		3	4 y 5	
TOTAL DE SOLICITUDES ELABORADAS:						5		

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del sector

Además, en la gráfica anterior se supone que los proveedores cumplirán con la entrega oportuna de los productos; sin embargo, no siempre es así, pues en algunas oportunidades, cuando se trata de productos importados surgen atrasos de más de 60 días, lo cual provoca desabastecimientos.

En las bodegas de estos hospitales, por su especialidad, se maneja cerca de 3,500 productos, y la inversión en los mismos, en 2014 y 2013 fue de alrededor de Q. 7.2 y Q. 4.7 millones de los cuales el material médico quirúrgico representa el 73% y 56% del valor total de los inventarios; respectivamente, el 27% y 44% restante está integrado por los medicamentos, materiales de limpieza, papelería, útiles, materiales, suministros y otros. Enseguida se presenta en forma gráfica esta distribución.

Grafica 4. Inversión en inventario



Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del sector

El inventario de material médico quirúrgico está integrado por insumos que se utilizan en la realización de una intervención quirúrgica y en el cuidado post-operatorio. Entre estos están: agujas, catéteres, electrodos, sondas, producto médico quirúrgico para perfusión, suturas, cánulas, válvulas, marcapasos, etc.

El rubro que representa la mayor inversión, es el material médico quirúrgico, del cual el segmento producto médico para perfusión, que está integrado por 6 productos, constituyó el 30% y 17% del valor total del inventario, para 2014 y 2013, respectivamente; en la tabla siguiente se muestra el valor de los distintos productos que integran este segmento, los cuales, dado su importancia en el tipo de entidades hospitalarias analizadas, serán objeto de la aplicación del modelo de inventarios.

Tabla 2. Integración del material médico quirúrgico para perfusión

INVENTARIO DE PERFUSIÓN AL 31 DE DICIEMBRE		
Expresado en Quetzales		
PRODUCTOS	2014	2013
Oxigenadores	776,920	137,470
Tuberías de circulación extracorpórea	855,226	364,100
Mini-cardioplégias	359,093	58,341
Cardioplégia cristalóide	-	75,050
Cardioplégia sanguínea	123,768	147,840
Cono para bomba centrífuga	74,760	19,936
Total inventario de perfusión	2,189,767	802,736
Total inventario de producto médico quirúrgico	7,245,858	4,737,271
	30%	17%

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del sector

4.2 Stocks mínimos

Como se indicó anteriormente el stock debe cubrir la demanda de 4 meses y este es el límite mínimo al que deben llegar las existencias para emitir un nuevo pedido. Aunque esta política se está cumpliendo, no se evitan los desabastecimientos de los productos para perfusión, debido a que no se está considerando el consumo que se realiza durante el proceso de adquisición; además, el proceso de compra no se realiza de forma inmediata pues tiene que cumplirse con los plazos establecidos en la Ley de Contrataciones del Estado.

4.3 Inventarios de seguridad

En la política de administración de inventarios de estas instituciones no se tiene contemplado el manejo de inventarios de seguridad en la Bodega General y Farmacia Interna; situación que contribuye con la generación de desabastecimientos.

4.4 Punto de reorden

Al no considerar el consumo durante el período de reabastecimiento, no se tiene claramente definido el nivel de inventario en el que debe generarse un nuevo pedido.

4.5 Factores que afectan el nivel de inventario

De acuerdo a la investigación realizada, se determinó que existen factores internos y externos que afectan el nivel de los inventarios; entre los cuales se destacan los siguientes:

4.5.1 Factores externos

- Las entidades hospitalarias semiautónomas que se dedican a la atención de pacientes que padecen enfermedades cardiovasculares, reciben fondos provenientes del Estado, situación que las obliga a realizar sus adquisiciones de acuerdo con las disposiciones contenidas en la Ley de Contrataciones del Estado. Como se puede observar en la tabla 1, los plazos oscilan entre 3 a 16 semanas dependiendo del monto de la compra.
- Las adquisiciones de material médico quirúrgico para perfusión, regularmente se realizan a través del régimen de cotización o licitación, debido a que el precio de los mismos es sumamente alto. Por lo tanto el tiempo de reabastecimiento de estos productos puede oscilar entre 12 a 16 semanas.
- Debido a la alta especialización, el mercado de estos insumos es reducido, ya que en el país existen únicamente cuatro proveedores autorizados para su distribución. Esta situación provoca que en determinado momento las entidades se sujeten a la disponibilidad que tengan los proveedores en el mercado local; además, siguiendo las leyes del mercado a menos oferentes los productos tienden a encarecerse.

- Los recursos financieros de estas instituciones son limitados, pues se sujetan a los aportes que reciben del Estado y a los ingresos que perciben por la prestación de servicios a otras entidades. Por lo tanto no se puede invertir fuertes sumas en inventarios.

4.5.2 Factores internos

- De acuerdo con la investigación realizada se pudo observar, que el proceso administrativo para el manejo de los inventarios no contempla los principios básicos de planeación, organización, dirección y control.
- Estas entidades aunque preparan anualmente un plan de adquisiciones, este no se ajusta a la demanda real, en consecuencia no es utilizado como herramienta para la realización de las compras.
- La política de mínimos y máximos establecida por la administración de estas entidades, no corresponden a los plazos legales que deben cumplirse en el proceso de adquisición.
- Aunque las solicitudes de compra son emitidas en el momento en que se llega al nivel mínimo de existencias, éstas no siempre son tramitadas en forma inmediata, situación que prolonga aún más el plazo para recibir los productos.
- Los niveles mínimos y máximos de los inventarios no se ajustan a la demanda real en forma automática. Los jefes de bodega realizan empíricamente este análisis en enero y en junio de cada año.
- Los productos médicos por lo general tienen una vida útil no mayor a 2 años.
- Por la fragilidad de los productos para perfusión su embalaje es voluminoso, requiriendo de espacios amplios y adecuados para su almacenamiento.

Tanto los factores internos como externos afectan el nivel de los inventarios, pues las adquisiciones no se pueden realizar en forma inmediata y si se agrega la falta de planificación y control de las compras y las existencias, se enfrenta un problema verdadero de desabastecimiento, que las entidades hospitalarias no pueden darse el lujo de enfrentar, pues su función principal es salvar la vida de seres humanos.

Si las entidades hospitalarias no cuentan con el inventario disponible para satisfacer su demanda, tienen una fuerte repercusión en el costo de los servicios que presta debido a lo siguiente:

- ✓ Se incrementan los costos fijos, pues se deben suspender los procedimientos quirúrgicos, debido a que los productos para perfusión son indispensables en la realización de cirugías.
- ✓ Se pone en riesgo la integridad física de los pacientes, por lo cual las entidades podrían ser sujetos de demandas judiciales.
- ✓ Es necesaria la realización de compras de emergencias, las cuales se traducen en precios de adquisición más altos.
- ✓ Al realizar compras de emergencia se incumplen las disposiciones legales, lo cual podría originar multas y sanciones.
- ✓ Se eleva el número de solicitudes de compra y por ende el costo de ordenar.

De acuerdo con el análisis de la situación se determinó que estas organizaciones no tienen problemas de obsolescencia ni de productos vencidos en el segmento de perfusión; pero si de desabastecimientos.

4.6 Análisis de costos de inventarios

Los costos más frecuentes asociados a la administración de los inventarios son los siguientes:

4.6.1 Costo de ordenar

Contempla el costo de la emisión del pedido y el del proceso de gestión de la compra.

Para determinar este costo se tomó en consideración el importe de sueldos y prestaciones laborales del personal que interviene en el proceso de adquisición (compras, bodega y administración), la depreciación de mobiliario y equipo de oficina, del edificio en el que se sitúa la bodega, al igual que el valor de los gastos fijos como agua, luz, teléfono, etc.

Debido a que los procesos de compra de las instituciones objeto de estudio, están sujetas a las disposiciones de la Ley de Contrataciones del Estado, enseguida se presenta el cálculo de este costo por cada régimen contenido en dicha Ley.

Tabla 3. Cálculo del costo de ordenar

COSTO DE ORDENAR			
<i>Expresado en Quetzales</i>			
COSTO DE:	RÉGIMEN DE COMPRAS		
	Compra Directa	Cotización	Licitación
Emisión de la solicitud de compra	25	25	25
Proceso de gestión de compra	550	5,113	10,265
	576	5,138	10,290

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del sector

Como se puede observar, si las adquisiciones se realizan a través de compras directas el costo de ordenar es más bajo, debido a que en este proceso interviene menos personal y el tiempo que conlleva el proceso para realizar la compra es más corto; no obstante, para adquirir el monto total que cubre la demanda se tendrían que realizar varios pedidos lo que implica que el costo de ordenar se incrementaría de acuerdo a la cantidad de pedidos que se realice. Además, se incumple con las disposiciones legales a que están sujetas estas entidades. La integración del cálculo para el costo de ordenar se encuentra contenida en el anexo I.

Como se ha señalado, según la legislación vigente las compras del producto médico quirúrgico para perfusión puede realizarse bajo distintos regímenes; empero, el costo de ordenar variará de acuerdo con cada uno de ellos.

De acuerdo con las compras efectuadas durante 2014 y 2013, el costo de ordenar se determinó como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Cálculo del costo de las órdenes realizadas

COSTO DE ORDENAR				
Expresado en Quetzales				
PRODUCTO	2014		2013	
	REGIMEN DE COMPRA UTILIZADO			
	COMPRA DIRECTA	COTIZACION	COMPRA DIRECTA	COTIZACION
Oxigenadores	19	6	2	8
Tuberías de Circulación Extracorpórea	15	7	5	8
Mini-Cardioplégias	6	2	6	2
Cardioplégia Cristaloiide	1	0	1	0
Cardioplégia Sanguinea	3	6	7	4
Cono para Bomba Centrífuga	7	3	1	3
Total de ordenes realizadas	51	24	22	25
Costo de cada orden (Tabla 3)	Q 576	Q 5,138	Q 576	Q 5,138
Total Costo de Ordenar	Q 29,357	Q 123,317	Q 12,664	Q 128,455
TOTAL COSTO DE ORDENAR	Q 152,674		Q 141,119	

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Debido a que no se realizó una adecuada planificación de las compras para 2014 y 2013 durante el primer semestre de cada año las adquisiciones en su mayoría se efectuaron bajo el régimen de Compra Directa.

En 2013 se efectuaron menos procesos de compra directa, por tal razón el costo de ordenar de este régimen en dicho año es menor; sin embargo, en 2014 el costo de cotización es mayor, debido a que se realizó un evento más.

Los regímenes de licitación o cotización aunque son más onerosos, son los que más se ajustan a la legislación aplicable a estas entidades; además, permiten mayor existencia de productos en bodega, debido a que se puede ordenar un número mayor de unidades; no obstante, como se ha indicado no hubo una

adecuada planificación de compras y teniendo en cuenta que el tiempo para realizar un proceso de licitación es muy largo, se optó por el régimen de compra directa y de cotizaciones.

La cantidad de procesos de compra realizados, es un claro indicador que los ingresos de productos a la bodega fueron consumidos rápidamente, lo que provocó en determinado momento escasez, pues no se contaba con inventario de seguridad.

Enseguida se presenta la valoración de las adquisiciones realizadas, de material médico quirúrgico para perfusión, durante los años bajo análisis.

Tabla 5. Valuación de compras

VALORACIÓN DE LAS ADQUISICIONES DE MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN				
PRODUCTO	2014		2013	
	UNIDADES	COSTO TOTAL	UNIDADES	COSTO TOTAL
Oxigenadores	652	Q 4,253,247	557	Q 3,384,494
Tuberías de circulación extracorpórea	639	5,188,806	633	5,053,296
Mini-cardioplégias	183	910,242	178	829,658
Cardioplégia cristalóide	19	75,050	9	35,550
Cardioplégia sanguínea	288	1,126,080	362	1,337,952
Cono para bomba centrífuga	204	955,822	143	654,397
		Q 12,509,247		Q 11,295,347

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

De acuerdo con el valor de los productos, la demanda de los mismos y las disposiciones legales aplicables, las adquisiciones del material médico quirúrgico para perfusión debieron efectuarse a través del régimen de cotización o Licitación; no obstante, un número considerable de pedidos se realizó a través de compras directas, situación que podría traducirse en sanciones por incumplimientos legales.

4.6.2 Costo de mantenimiento

Está asociada con la cantidad de productos que se mantienen en Stock y equivale al costo de capital más el costo de almacenaje.

La función de este costo está compuesta de la siguiente manera:

$$Ch = CK + CA$$

Donde

Ch = Costo total de mantenimiento

CK = Costo de capital invertido en inventario

CA = Costo total de almacenaje

4.6.2.1 Costo del capital invertido

Mantener productos almacenados requiere dinero que puede utilizarse en otros gastos o en inversiones, el inventario como parte del capital de trabajo requiere ser financiado por los socios o por préstamos bancarios; en este caso se tomará como costo de capital la tasa de interés que regularmente los proveedores de las entidades bajo análisis, les cargan por el financiamiento que les otorgan. El costo de capital está dado por:

$$CK = K * I$$

Dónde:

CK = Costo de capital

I = Tasa de interés

K = Capital invertido en inventarios

Para determinar este costo se tomó como base el valor promedio del inventario durante los años 2014 y 2013, el cual ascendió a Q. 5, 800,000 y Q. 3, 900,000; respectivamente, aplicándole una tasa del 6% que representa el costo financiero que este tipo de entidades tienen que asumir por el tiempo que media entre la recepción de los productos y el pago de los mismos; pues, si el pago fuera en estricto contado los proveedores efectuarían un descuento del 6%. El valor promedio de inventarios se determinó tomando como base la sumatoria de los saldos mensuales de inventario dividido en los doce meses de cada año. En el anexo VI se presenta el detalle de este cálculo.

Tabla 6. Costo de capital

CÁLCULO DEL COSTO DE CAPITAL			
2,014		2,013	
CK=	$\frac{Q. 5,800,000 * 6\%}{12}$		$\frac{Q. 3,900,000 * 6\%}{12}$
CK Mensual=	<u>Q 29,000</u>	Q	<u>19,500</u>
CK Anual=	<u>Q 348,000</u>	Q	<u>234,000</u>

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector

Mientras menor sea la cantidad de inventario en bodega, este costo tiende a disminuir; por lo tanto es indispensable determinar la cantidad óptima de inventario, con la finalidad de minimizar este costo pero evitando la escasez.

4.6.2.2 Costo de almacenaje

Está dado por el costo del personal administrativo encargado del manejo directo de los productos en la bodega, las depreciaciones del edificio, el mobiliario y equipo de oficina así como el valor de los servicios generales y de intendencia; enseguida se presenta la integración de este y en el anexo II el cálculo en detalle.

Tabla 7. Cálculo del costo de almacenaje

	COSTO DE ALMACENAJE			
	COSTO			
		MENSUAL		ANUAL
Costo administrativo de la bodega (véase anexo I)	Q	24,415	Q	292,977
Depreciaciones		2,000		24,000
Servicio de intendencia		2,560		30,719
	Q	28,975	Q	347,696

Fuente: *Elaboración propia con base en información obtenida del sector*

Para determinar el costo total de mantenimiento por producto, se adicionó al costo de capital el de almacenaje y este total se dividió entre el promedio de productos que se maneja en el inventario. En el anexo II se muestra en detalle la determinación de estos costos.

Tabla 8. Cálculo del costo total de mantenimiento

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO				
	2,014		2,013	
Costo de capital <i>CK</i>	Q	348,000	Q	234,000
Costo de almacenaje <i>CA</i>		347,696		347,696
Costo de mantenimiento <i>Ch</i>	Q	695,696	Q	581,696
Promedio de productos en bodega		3500		3500
<i>Ch</i> por producto	Q	199	Q	166

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del sector

Del volumen de inventario que se mantenga en bodega dependerá el comportamiento de este costo.

El régimen de Compra Directa permite realizar adquisiciones en menor tiempo; sin embargo, evidencia que la existencia en bodega de los productos bajo estudio, fue casi nula, principalmente en el primer semestre de los años bajo revisión, las compras no siempre respondían a los consumos inmediatos, ocasionando costos por escasez.

El costo de mantenimiento de 2014 y 2013, de los productos bajo análisis, se calculó tomando como base el inventario promedio; al cual se le aplicó el valor que representa el costo de almacenaje y capital a cada producto (ver anexo 2).

Tabla 9. Costo de mantenimiento

COSTO DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIOS Ch				
PRODUCTO		2014		2013
Oxigenadores	Q	10,547	Q	7,304
Tuberías de circulación extracorpórea		9,154		10,458
Mini-cardioplégias		6,368		5,810
Cardioplégia cristalóide		1,990		3,320
Cardioplégia sanguínea		5,970		8,798
Cono para bomba centrífuga		2,985		3,486
	Q	37,014	Q	39,176

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Derivado que durante el primer semestre de 2014, no se mantuvo un nivel de stock mínimo en bodega, el costo de mantenimiento es menor con relación al del año 2013.

De acuerdo con las políticas de administración actuales, en las tablas anteriores se presenta el valor de los costos de ordenar y mantener en forma individual, incurridos durante 2014 y 2013, y en la siguiente tabla se presentan en resumen el costo total del manejo de los inventarios del material médico quirúrgico para perfusión de los años indicados; además, en el anexo III se detalla el cálculo de este.

Tabla 10. Costo Total del manejo de inventarios.

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIOS				
PRODUCTO	Co + Ch			
		2014		2013
Oxigenadores	Q	52,313	Q	49,561
Tuberías de circulación extracorpórea		53,756		54,442
Mini-cardioplégias		20,098		19,540
Cardioplégia cristaloides		2,566		3,896
Cardioplégia sanguínea		38,526		33,380
Cono para bomba centrífuga		22,429		19,476
TOTAL	Q	189,688	Q	180,295

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

4.6.3 Costo de escasez

Son aquellos que se presentan cuando una entidad se queda sin inventario para atender su demanda. Este tipo de instituciones cuando tienen problemas de escasez no pierden ventas o clientes, si no que se pone en riesgo la integridad física de los pacientes, el costo de una vida humana es incalculable.

En términos financieros, no contar con los insumos necesarios para realizar cirugías, se traduce en costos fijos altos, pues el personal médico y paramédico detiene sus actividades. Además, al no atender a los pacientes oportunamente se corre el riesgo que estos sufran complicaciones de salud, lo cual provoca mayores costos de hospitalización.

De acuerdo con la investigación realizada, se determinó que el costo de escasez es uno de los costos más altos que tienen que asumir este tipo de entidades, debido a que se detiene la producción de los quirófanos y por ende de los demás servicios auxiliares como intensivo y encamamiento; sin embargo, los costos de personal son fijos y tienen que pagarse haya o no producción.

Teniendo en cuenta que este tipo de entidades atiende, por lo general, cinco días a la semana y poseen en promedio cuatro quirófanos, y que el costo fijo por hora de quirófano se estimó en Q. 1,610, se tiene:

Tabla 11. Costo de quirófano por día

COSTO POR DÍA DE QUIRÓFANO				
COSTO POR HORA	HORAS POR DÍA	COSTO DIARIO	No. DE QUIRÓFANOS	COSTO POR DÍA
Q 1,610	8	Q 12,877	4	Q 51,510

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

En el anexo IV adjunto, se presenta en detalle el cálculo del costo fijo por hora de quirófano.

Se determinó que por causa de escasez de producto médico quirúrgico para perfusión, se detuvo la realización de cirugías, durante un día en promedio mensual en 2014 y 2013, lo cual se tradujo en costos como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 12. Costo de escasez

COSTO DE ESCASEZ			
	2014	2013	
Días promedio en los que se cancelaron cirugías	17	12	
Costo de quirófanos por día	Q 51,510	Q 51,510	
Costo causado por escasez	Q 875,665	Q 618,116	

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Mientras más tarda un producto en ingresar a la bodega, el costo de escasez se eleva considerablemente.

En el cuadro siguiente se visualiza el impacto considerable que tiene el costo de escases en el costo total del manejo de inventarios

Tabla 13. Costo total del manejo de inventarios más costo de escasez

COSTO DE MANEJO MAS COSTO DE ESCASEZ				
PRODUCTO	Co + Ch			
		2014		2013
Oxygenadores	Q	52,313	Q	49,561
Tuberías de circulación extracorpórea		53,756		54,442
Mini-cardioplégias		20,098		19,540
Cardioplégia cristalóide		2,566		3,896
Cardioplégia sanguínea		38,526		33,380
Cono para bomba centrífuga		22,429		19,476
Sub-total	Q	189,688	Q	180,295
Costo de Escasez		875,665		618,116
COSTO TOTAL	Q	1,065,353	Q	798,411

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector

5. DESARROLLO DEL MODELO DETERMINÍSTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIALES MÉDICO-QUIRÚRGICOS PARA PERFUSIÓN

Tomando en consideración que las entidades hospitalarias semiautónomas, suscriben convenios de servicios con el Ministerio de Salud Pública, a través de los cual se establece el número de cirugías que deben realizar en un año; así como el monto de los fondos asignados para realizar estos procedimientos, se concluye que la demanda de los servicios es conocida y constante.

Además, el tiempo de reaprovisionamiento en este tipo de organizaciones depende del valor de las adquisiciones, pues deben sujetarse a las disposiciones contenidas en la Ley de Contrataciones del Estado. Debido al alto precio del material médico quirúrgico para perfusión utilizado en la cirugía cardiaca; este debe adquirirse a través del régimen de licitación o cotización. Por lo tanto, también el tiempo de adquisición es conocido.

De acuerdo con el marco teórico, el Modelo Determinístico para administrar inventarios, es aplicable en aquellos casos en los que la demanda y los tiempos de aprovisionamiento son constantes y conocidos, en consecuencia, el Modelo Determinístico es aplicable para el manejo de los inventarios del segmento de material médico quirúrgico para perfusión.

Enseguida se establecen las variables para la construcción del Modelo Determinístico.

5.1 Establecimiento de variables

Las variables principales de este modelo son: La demanda y el tiempo de reaprovisionamiento.

5.1.1 Demanda (D)

Está representada por la totalidad de dispositivos que se utilizarán para las cirugías cardíacas que se planifiquen realizar en un año.

5.1.2 Tiempo de reaprovisionamiento

Es el lapso que medie entre la emisión de la solicitud de compra y el ingreso de los productos al inventario. El cuál está sujeto al tipo de régimen que se utilizará.

5.2 Formulación del Modelo Cantidad Económica de Pedido -EOQ- y Modelo Determinístico

Para formular la cantidad económica de pedido, se requieren los supuestos siguientes:

- ✓ La demanda es determinística y ocurre a una tasa constante. D
- ✓ Se incurre en un costo de ordenar, independientemente del tamaño de la orden.
 C_o
- ✓ Se incurre en costos por mantener existencias en almacén. C_h
- ✓ El tiempo de reaprovisionamiento es conocido.
- ✓ No se permite escasez.

Para determinar la cantidad económica de pedido se hace necesaria la realización de cálculos matemáticos, que indican el punto donde los costos totales de administrar el inventario son los más bajos.

Por lo tanto para determinar el valor óptimo de Q^* de la cantidad de pedido que minimice los costos totales del inventario $CT(Q)$, se plantea la siguiente fórmula.

$$CT(Q) = CpQ + Co + Ch$$

Donde

$CT(Q)$ = Costo total de compra o pedido

CpQ = Costo de compra

Co = Costo de ordenar

Ch = Costo de mantener

Q = Número de unidades compradas en cada orden

Para cualquier valor de Q , el costo unitario de compra es Cp , pues la demanda anual D es independiente del tamaño de la orden, el costo anual de compra queda:

$$\text{Costo de compra} = CpD$$

En un modelo *EOQ* el nivel medio de inventario, corresponde exactamente a la mitad de la orden Q , este resultado es válido para cualquier modelo que tiene una demanda constante y en el cual no se permite la escasez. El costo anual de mantener es igual al inventario promedio por el costo anual de conservar una unidad, por lo tanto.

$$\text{Costo de mantener} = (Q/2) * Ch$$

Si se ordena Q unidades cada vez y la demanda anual es D , entonces el número de órdenes por año:

$$\text{Número de órdenes} = D/Q$$

Por consiguiente, para obtener el costo total de ordenar se tiene:

$$C_o = C_o D/Q$$

Combinando todos los costos asociados al modelo EOQ se obtiene la función de costo total.

$$CT(Q) = C_o \frac{D}{Q} + DC_p + \frac{Q}{2} Ch$$

En donde costo de la compra C_p está representado por el costo de adquisición de los bienes.

Derivando el costo total con respecto a Q , e igualando a cero se obtiene el lote o cantidad óptima de manera que:

$$Q^* = \sqrt{2C_o D/Ch}$$

5.3 Punto reorden

Cuando el tiempo de reaprovisionamiento $-L-$ es nulo, el tamaño de la orden no cambia; sin embargo, para evitar la ocurrencia de escasez es preciso determinar el instante en el cual debe emitirse la orden; con la finalidad de evitar que el nivel de inventario llegue a cero.

5.3.1 Tiempo líder

Es el que transcurre entre el momento en que se emite el pedido y la llegada de los productos a la bodega.

Para establecer el tiempo que hay entre pedidos se aplicará la fórmula siguiente:

$$T = \frac{Q}{D}$$

Dónde:

T= Tiempo entre pedidos

Q= Pedido

D= Demanda

Para determinar el punto en el que debe emitirse un nuevo pedido, tomando en cuenta el tiempo que tardan los proveedores para entregar el producto, se tiene:

$$R = D * L$$

Dónde:

R=Punto de nuevo pedido o reorden

D=Demanda

L= tiempo líder

6. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DEL MODELO DETERMINÍSTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS DEL MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO DE PERFUSIÓN

En este capítulo se desarrolla la aplicación del modelo determinístico para la administración de inventarios, con la finalidad de demostrar que la aplicación del mismo contribuye significativamente a la minimización de los costos de manejo de los inventarios de las entidades hospitalarias semiautónomas, que se dedican a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

6.1 Aplicación del modelo

Para demostrar la aplicabilidad del modelo determinístico que incluye la Cantidad Económica de Pedido *EOQ* en las entidades estudiadas, se desarrollará la siguiente aplicación, tomando como base la demanda de los materiales para perfusión que hubo durante 2013 y 2014.

Previo al desarrollo de los cálculos de los costos, es necesario verificar si el comportamiento de los productos cumple con los supuestos necesarios para el Modelo de la Cantidad Económica de Pedido. Enseguida se presenta la evaluación de éstos:

Tabla 14. Validación de supuestos para la aplicación del modelo EOQ

<i>SUPUESTOS</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>
¿La demanda es determinística y ocurre a una tasa constante?	✓	
¿Se incurre en un costo de ordenar?	✓	
¿El tiempo de reaprovisionamiento es conocido?	✓	
¿Es permitida la escasez?		✓
¿Se incurre en costos por mantener existencias en almacén?	✓	

Fuente. Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla anterior, la demanda de los materiales para perfusión cumple con los supuestos para la aplicación del Modelo *EOQ*; para confirmar lo indicado enseguida se presenta el análisis de la tendencia del consumo de estos materiales durante los últimos dos años.

Tabla 15. Consumo comparativo de materiales para perfusión

MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN			
UNIDADES CONSUMIDAS			
PRODUCTO	AÑO		VARIACIÓN
	2014	2013	
Oxigenadores	569	528	8%
Tuberías de circulación extracorpórea	588	535	10%
Mini-cardioplégias	176	161	9%
Cardioplégia cristalóide	14	13	8%
Cardioplégia sanguínea	334	317	5%
Cono para bomba centrífuga	168	161	4%

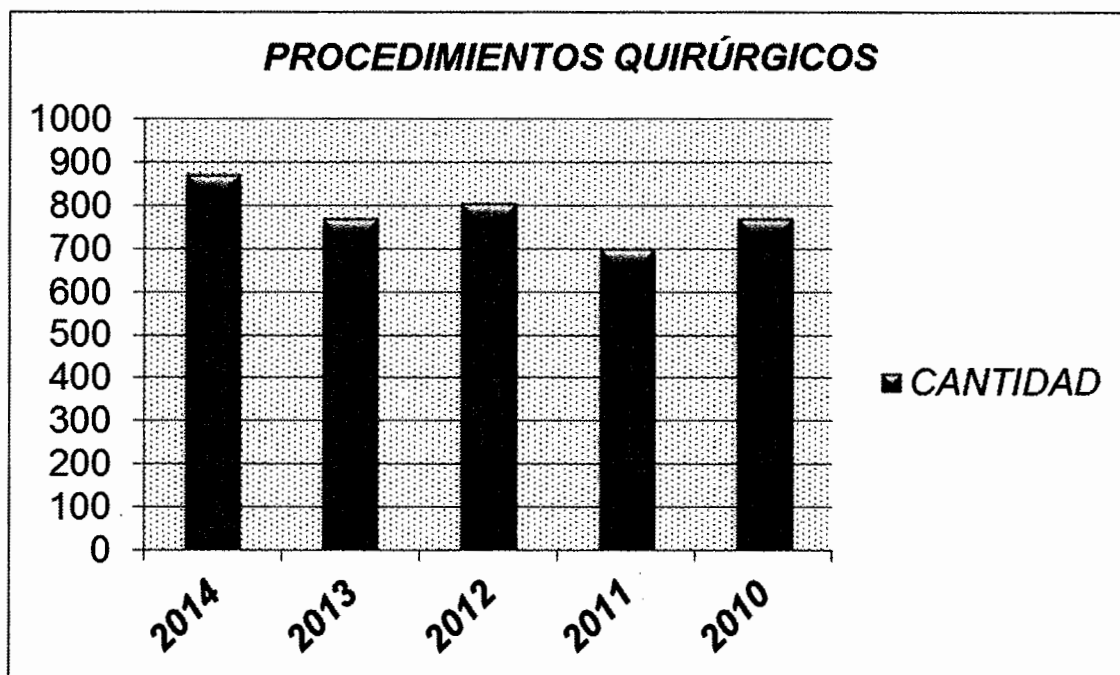
Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida del sector

Como puede observarse la variación del consumo de un año a otro ha sido mínima y responde al aumento de las cirugías, tal como se muestra en la gráfica 5, durante 2014 las cirugías se incrementaron alrededor de 13% con relación a 2013, esto a su vez debido a que el presupuesto del año 2014 fue mayor al del 2013.

Es conveniente aclarar que solamente en las cirugías cardíacas complejas se requiere el uso de material médico quirúrgico para perfusión, por consiguiente la cantidad consumida de estos insumos no se iguala a la cantidad de procedimientos quirúrgicos realizados en cada año.

En la gráfica siguiente se puede observar el comportamiento de los procedimientos quirúrgicos en los últimos cinco años.

Gráfica 5. Cirugías realizadas



Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Tal como se evidencia en la gráfica anterior las cirugías no han mostrado un incremento consistente, pues la cantidad de las mismas depende en gran medida de los recursos financieros que le sean asignados a las entidades bajo análisis.

Del total de las cirugías incluidas en la gráfica 5, alrededor del 65% corresponde a cirugías complejas, en las cuales se hace uso de material médico quirúrgico para perfusión.

En las siguientes tablas se muestra la valoración del consumo del material médico quirúrgico para perfusión, utilizado en la realización de cirugías a corazón abierto, realizadas durante 2014 y 2013:

Tabla 16. Valoración de unidades consumidas

MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN			
COSTO DE LAS UNIDADES CONSUMIDAS			
<i>Cifras expresadas en cantidades y Quetzales</i>			
	2014		
PRODUCTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Oxigenadores	569	Q 6,344	Q 3,609,736
Tuberías de circulación extracorpórea	588	8,182	4,811,016
Mini-cardioplégias	176	4,974	875,424
Cardioplégia cristaloiide	14	3,950	55,300
Cardioplégia sanguínea	334	3,910	1,305,940
Cono para bomba centrífuga	168	4,755	798,840
			Q 11,456,256

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Tabla 17. Valoración de unidades consumidas

MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN			
COSTO DE LAS UNIDADES CONSUMIDAS			
<i>Cifras expresadas en cantidades y Quetzales</i>			
	2013		
PRODUCTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Oxigenadores	528	Q 5,941	Q 3,136,848
Tuberías de circulación extracorpórea	535	8,083	4,324,405
Mini-cardioplégias	161	4,661	750,421
Cardioplégia cristaloiide	13	3,950	51,350
Cardioplégia sanguínea	317	3,696	1,171,632
Cono para bomba centrífuga	161	4,712	758,632
			Q 10,193,288

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Después de analizar la legislación que regula las adquisiciones de este tipo de entidades, el costo y la demanda de los productos objeto de estudio, se determinó que el régimen más adecuado para realizar las compras es: a) Licitación Pública para oxigenadores de membrana, tuberías de circulación extracorpórea y

Cardioplégia Sanguínea; b), Cotización para mini-cardioplégia y los conos para bomba centrífuga; y, c) Compra directa para la cardioplégia cristaloides.

Considerando que el costo de ordenar varía de acuerdo al régimen de adquisiciones, para aplicar el modelo se tomará el costo de ordenar para el régimen de licitación, de cotización o de compra directa según corresponda a los productos indicados en el párrafo anterior.

Como se muestra en la tabla 3 el costo de ordenar se determinó en Q, 10,290 para el régimen de licitación, Q. 5,138 para el de cotización y Q. 576 para el de compra directa.

El costo de mantenimiento de 2014 y 2013 se presenta en la tabla 8 el cual se estimó en Q. 199.00 y Q. 166.00 respectivamente.

Teniendo definidas las variables necesarias para el cálculo de la cantidad óptima de pedido, enseguida se procede a la aplicación del modelo determinístico de inventario que incluye la cantidad económica de pedido **EOQ**.

A continuación se desarrolla en forma detallada la aplicación del modelo a los oxigenadores; no obstante, para efecto de realizar un análisis completo, más adelante se muestra un resumen de los costos para los otros cinco materiales médico quirúrgico de perfusión y, en el anexo 5 adjunto, se presenta el detalle de la aplicación del modelo en cada uno de los productos indicados.

6.1.1 Análisis de la cantidad óptima de pedido EOQ

Teniendo en cuenta que la demanda ocurre a una tasa constante y que la escasez no es permitida, con la aplicación de la siguiente fórmula, se determinará cual es el tamaño óptimo de la orden, para los oxigenadores.

Tabla 18. Variables para el cálculo de la cantidad óptima de pedido

OXIGENADORES							
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L		
2014	Q10,290	569	Q 199	Q 6,344	16		
2013	Q10,290	528	Q 166	Q 5,941	Semanas		

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

L = Tiempo que tarda el proceso de compra, desde que se emite la solicitud hasta que ingresan los productos a bodega

$$Q^* = \sqrt{2CoD/ch}$$

CANTIDAD ÓPTIMA	
2014	2013
$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 10,290 * 569}}{199}$	$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 10,290 * 528}}{166}$
$Q^* = \sqrt{58,844.32}$	$Q^* = \sqrt{65,380.97}$
$Q^* = \underline{\underline{243}}$	$Q^* = \underline{\underline{256}}$

La cantidad que debió solicitarse, para minimizar los costos de inventarios en cada pedido, según este modelo es de 243 unidades para 2014 y 256 para 2013.

6.1.2 Análisis del número de pedidos que deben realizar por año

Para determinar el número de compras que debió realizarse, según la cantidad óptima de pedido, es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Número de órdenes por año} = D/Q$$

Entonces

2014	2013
$Q \text{ Por año} = \frac{569}{243}$	$Q \text{ por año} = \frac{528}{256}$
$Q \text{ Por año} = \underline{\underline{2}}$	$Q \text{ por año} = \underline{\underline{2}}$

6.1.3 Determinación del costo total de ordenar, en un año.

Para determinar este tipo de costo según la cantidad óptima de pedido, tenemos:

$$Co = Co \frac{D}{Q}$$

Entonces

2014	2013
$Co = \frac{10,290 * 569}{243}$	$Co = \frac{10,290 * 528}{256}$
$Co = \underline{\underline{Q \quad 24,137}}$	$Co = \underline{\underline{Q \quad 21,248}}$

De acuerdo con el modelo **EOQ**, se debieron realizar dos pedidos en el año para cubrir la demanda, lo cual implicaría incurrir en Q. 24,137 y en Q. 21,248 en concepto de costos de ordenar para 2014 y 2013 respectivamente.

6.1.4 Análisis del costo total

Este se compone por el costo de ordenar y mantener el inventario más el de adquisición de los productos y se obtiene a través de la siguiente función:

$$CT(Q) = \underbrace{Co \frac{D}{Q}}_{\text{Costo de ordenar}} + \underbrace{DCp}_{\text{Costo de adquisición}} + \underbrace{\frac{Q}{2} Ch}_{\text{Costo de mantener el inventario}}$$

El costo total de los oxigenadores se determinó como se muestra a continuación:

2014

$$CT(Q) = (10,290) * (569/243) + (6,344) * (569) + (243/2) * 199$$

$$CT(Q) = 24,137 + 3,609,736 + 24,137$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 3,658,009}}$$

2013

$$CT(Q) = (10,290) * (528/256) + (5,941) * (528) + (256/2) * 166$$

$$CT(Q) = 21,248 + 3,136,848 + 21,248$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 3,179,345}}$$

6.2 Análisis del punto de reorden

Para establecer cuál es el nivel del inventario en el que debe emitirse una nueva orden y determinar el tiempo que hay entre pedidos se tiene:

$$T = \frac{Q}{D}$$

Dónde:

T= Tiempo entre pedidos

Q= Pedido

D= Demanda total

Para determinar el punto en el que debe emitirse un nuevo pedido, tomando en cuenta el tiempo que los proveedores tardan para entregar el producto, se tiene:

$$R = D * L$$

Dónde:

R = Punto de reorden

D = Demanda

L = Tiempo líder

Entonces:

2014
$T = \frac{Q}{D}$

$$T = \frac{243}{569}$$

$$T = 0.43 \text{ De año}$$

$$T = 22 \text{ Semanas}$$

$R = D * L$

$$R = 569 * \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{175}}$$

2013

$$T = \frac{256}{528}$$

$$T = 0.48 \text{ De año}$$

$$T = 25 \text{ Semanas}$$

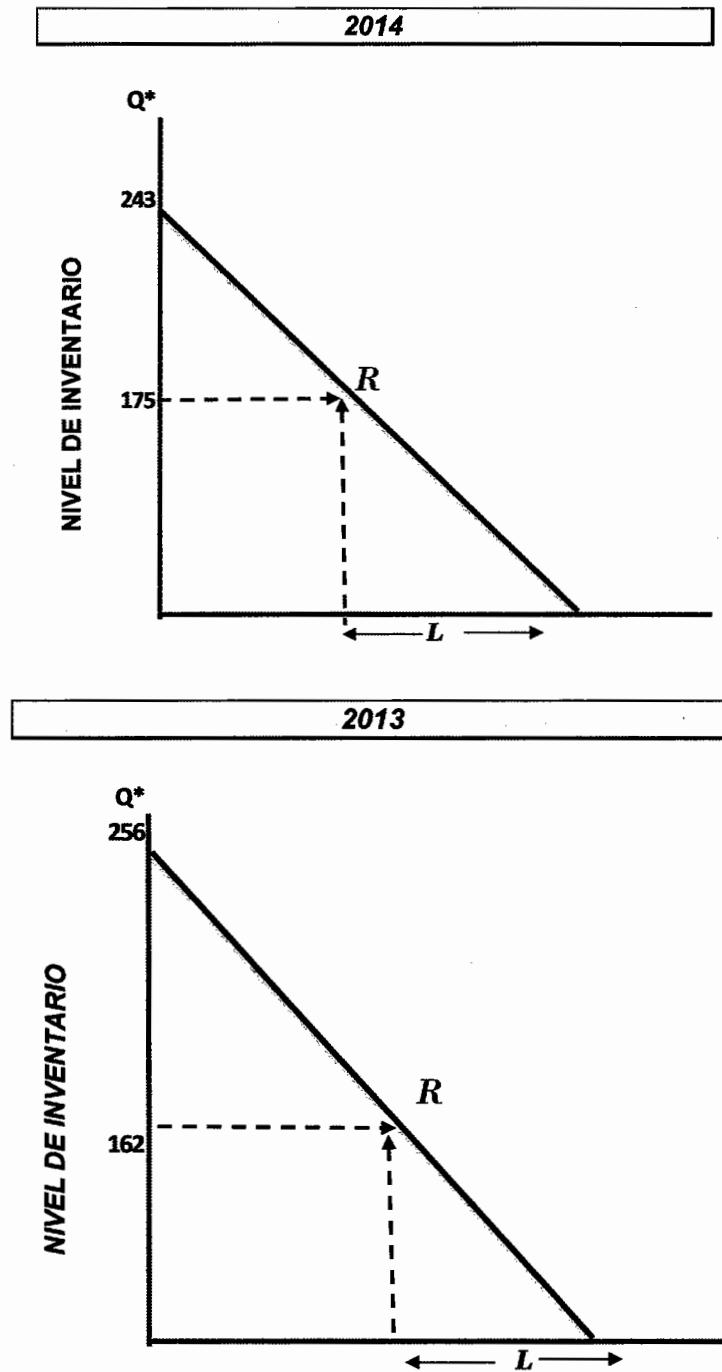
$$R = 528 * \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{162}}$$

Como puede observarse, el tiempo que media entre pedidos es de alrededor de 22 y 25 semanas para 2014 y 2013, respectivamente, en este caso el tiempo que media entre pedidos es largo pues por el costo de los oxigenadores, es necesario adquirirlos a través del régimen de licitación.

De acuerdo con el cálculo de punto de reorden, cuando el inventario de oxigenadores llegó a 175 unidades en 2014 y 162 en 2013, se debió emitir un nuevo pedido.

Gráfica 6. Punto de Reorden



Fuente. Elaboración propia con base en información del sector

En las gráficas anteriores se muestra que las cantidades establecidas como punto de reorden (R), 175 para 2014 y 162 para 2013, serán suficientes para cubrir el

consumo durante el tiempo de reabastecimiento (L); sin embargo, es en este punto en el que se debe emitir el nuevo pedido para evitar desabastecimientos.

6.3 Evaluación de resultados

Para analizar el resultado de la aplicación del modelo EOQ en todos los productos para perfusión, en las tablas 19 y 21 se presenta en resumen la cantidad óptima a pedir, el número de pedidos, el cálculo del costo total y el punto de reorden de cada uno de estos y en el anexo 5 el cálculo pormenorizado.

En las tablas 20 y 22 se incluye el resumen de los costos de ordenar y mantener inventarios, según la aplicación del modelo determinístico.

Tabla 19. Cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden,

2014			
PRODUCTO	Q*	No de pedidos	Punto de reorden
Oxigenadores	243	2	175
Tuberías de circulación extracorpórea	247	2	181
Mini-cardioplégias	95	2	41
Cardioplégia cristaloides	9	2	1
Cardioplégia sanguínea	186	2	103
Cono para bomba centrífuga	93	2	39

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Tabla 20. Costo total de inventarios 2014

2014							
PRODUCTO	Q	C _o	Q	C _i	Q	C _d	TOTAL
Oxigenadores	Q	24,137	Q	24,137	Q	3,609,736	Q 3,658,009
Tuberías de circulación extracorpórea		24,536		24,536		4,811,016	4,860,088
Mini-cardioplégias		9,486		9,486		875,424	894,395
Cardioplégia cristaloides		896		896		55,300	57,092
Cardioplégia sanguínea		18,492		18,492		1,305,940	1,342,925
Cono para bomba centrífuga		9,268		9,268		798,840	817,375
TOTALES	Q	86,814	Q	86,814	Q	11,456,256	Q 11,629,884

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Tabla 21. Cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden

2013			
PRODUCTO	Q*	No de pedidos	Punto de reorden
Oxigenadores	256	2	162
Tuberías de circulación extracorpórea	258	2	165
Mini-cardioplégias	100	2	37
Cardioplégia cristaloiide	9	1	1
Cardioplégia sanguínea	198	2	98
Cono para bomba centrífuga	100	2	37

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Tabla 22. Costo total de inventarios 2013

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO APLICANDO EL MODELO EOQ				
2013				
PRODUCTO	C_o	C_i	C_a	TOTAL
Oxigenadores	Q 21,248	Q 21,248	Q 3,136,848	Q 3,179,345
Tuberías de circulación extracorpórea	21,376	21,376	4,324,405	4,367,157
Mini-cardioplégias	8,286	8,286	750,421	766,993
Cardioplégia cristaloiide	788	788	51,350	52,927
Cardioplégia sanguínea	16,454	16,454	1,171,632	1,204,540
Cono para bomba centrífuga	8,286	8,286	758,632	775,204
TOTALES	Q 76,439	Q 76,439	Q 10,193,288	Q 10,346,166

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

En los cuadros anteriores se aprecia que al aplicar el modelo determinístico para la administración de inventarios, se pudo establecer la cantidad óptima de pedido, en la cual los costos de mantener y ordenar se igualan y se minimizan. De igual manera, se evidencia que el número de pedidos obedece al tiempo que conlleva la realización de cada proceso de compra, tomando en cuenta los regímenes que las entidades sujetas de estudio deben aplicar, de acuerdo a la legislación que regula sus procesos de adquisiciones. Además, se muestra la cantidad que debe haber en inventario para emitir un nuevo pedido, mejorando la disponibilidad y por ende evitando la escasez.

En las tablas 23 y 24, se centraliza la reducción de costos del manejo de los inventarios al aplicar el modelo determinístico, comparándolo con la administración actual. Es evidente que al realizar menos procesos de compra el costo de ordenar se minimiza; no obstante, al mantener mayores existencias en el inventario el costo de mantener se incrementa pero se reduce el costo por escasez. Para el caso del costo de ordenar (*Co*), el de mantener (*Ch*) y el costo total del inventario aplicando el modelo EOQ la información se obtuvo de las tablas 20 y 22; mientras que para los costos antes referidos considerando la administración actual la información se obtuvo de las tablas 4 y 9.

Tabla 23. Análisis comparativo de resultados 2014

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIOS					
2014					
	MODELO EOQ		ADMINISTRACION		
PRODUCTO	Co + Ch		Co + Ch		AHORRO
Oxigenadores	Q	48,273	Q	52,313	Q 4,040
Tuberías de circulación extracorpórea		49,072		53,756	4,683
Mini-cardioplégias		18,971		20,098	1,127
Cardioplégia cristalóide		1,792		2,566	774
Cardioplégia sanguínea		36,985		38,526	1,541
Cono para bomba centrífuga		18,535		22,429	3,894
TOTAL	Q	173,628	Q	189,688	Q 16,060

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Tabla 24. Análisis comparativo de resultados 2013

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIOS					
2013					
	MODELO EOQ		ADMINISTRACION		
PRODUCTO	Co + Ch		Co + Ch		AHORRO
Oxigenadores	Q	42,497	Q	49,561	Q 7,064
Tuberías de circulación extracorpórea		42,752		54,442	11,690
Mini-cardioplégias		16,572		19,540	2,968
Cardioplégia cristalóide		1,577		3,896	2,319
Cardioplégia sanguínea		32,908		33,380	472
Cono para bomba centrífuga		16,572		19,476	2,904
TOTAL	Q	152,878	Q	180,295	Q 27,417

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector.

Aunque el ahorro en los costos de mantener y ordenar no es significativo con relación al costo total de estos productos, para justificar la aplicación de este modelo es necesario agregar el ahorro del costo adicional de escasez, el cual se estimó en Q. 875, 665 y Q. 618, 116, para los años 2014 y 2013; respectivamente, tal como se indica en la tabla 12 y en el anexo 4.

Como se ha indicado, las entidades estudiadas no pueden permitir escasez en sus bodegas, pues esto se traduce en costos financieros y sociales. A continuación se presenta el ahorro total que obtendrían las entidades objeto de estudio, al aplicar el modelo determinístico.

Tabla 25. Determinación del ahorro aplicando el modelo determinístico

CÁLCULO DEL AHORRO TOTAL			
		2014	2013
Costo de ordenar y mantener $Co+Ch$	Q	16,060	Q 27,417
Costo adicional de escases		875,665	618,116
Ahorro total	Q	891,725	Q 645,534

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector

Como se demuestra en el estudio realizado, aplicar el modelo determinístico para la administración de inventarios en entidades semiautónomas que atiende a pacientes con enfermedades cardiovasculares y que requieren cirugías cardíacas, genera ahorros financieros considerables, los cuales podrían incrementarse al replicar el modelo a productos semejantes a los de perfusión; además, y no menos importante, el garantizar la existencia en bodegas de producto médico quirúrgico en estas entidades, asegura la atención permanente a las personas que buscan de sus servicios y cumplen con su fin, que es salvar vidas, lo cual no puede cuantificarse financieramente, y reincorporar a la sociedad a personas económicamente productivas.

6.4 Aplicación del modelo determinístico a la proyección de consumo de material médico quirúrgico para perfusión

Con la finalidad de exponer la importancia de la aplicación del Modelo Determinístico para la administración de los inventarios de las entidades objeto de esta investigación, enseguida se presenta la proyección de cirugías e insumos de perfusión para los años 2015 y 2016, y más adelante la aplicación de dicho modelo a las cantidades proyectadas.

Tabla. 26 Proyección de cirugías para 2015 y 2016

PROYECCION DE CIRUGIAS SEGUN TENDENCIA	
AÑO	CANTIDAD
2010	772
2011	702
2012	805
2013	772
2014	871
2015	865
2016	892

Producción Histórica

Proyección

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector

En la tabla anterior se detalla la forma en que se incrementará el número de las cirugías si se continúa con la tendencia de los años del 2010 al 2014. Tomando como base la proyección de los procedimientos que se espera realiza durante 2015 y 2016 a continuación se incluye un detalle del consumo de los insumos de perfusión que serán necesarios para efectuar estas cirugías.

Tabla 27. Proyección de insumos para perfusión

MATERIAL MEDICO QUIRURGICO PARA PERFUSION				
PROYECCIÓN DE INSUMOS SEGÚN TENDENCIA				
PRODUCTO	Consumo histórico		Poyección	
	2013	2014	2015	2016
Oxigenadores	528	569	610	651
Tuberías de circulación extracorpórea	535	588	641	694
Mini-cardioplégias	161	176	191	206
Cardioplégia cristaloides	13	14	15	16
Cardioplégia sanguínea	317	334	351	368
Cono para bomba centrífuga	161	168	175	182

Fuente: Elaboración propia con base en información del sector

Con el propósito de determinar las cantidades a pedir y el número de pedidos para los años 2015 y 2016, se aplicó el modelo determinístico a las cantidades proyectadas, para el efecto se estimó un incremento del 5% al costo de ordenar y mantener de 2014, y se tomó el precio de la última compra de 2015, al cual se le adicionó un 10% para 2016. En las tablas siguientes se muestra el resumen de estos cálculos y en el anexo 7 el detalle de los mismos.

Tabla 28. Proyección de cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden

2015			
PRODUCTO	Q*	No de pedidos	Punto de reorden
Oxigenadores	251	2	188
Tuberías de circulación extracorpórea	257	2	197
Mini-cardioplégias	99	2	44
Cardioplégia cristaloides	9	2	1
Cardioplégia sanguínea	191	2	108
Cono para bomba centrífuga	95	2	40

Tabla 29. Proyección de cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden

2016			
PRODUCTO	Q*	No de pedidos	Punto de reorden
Oxigenadores	253	3	200
Tuberías de circulación extracorpórea	262	3	214
Mini-cardioplégias	101	2	48
Cardioplégia cristaloiide	9	2	1
Cardioplégia sanguínea	191	2	113
Cono para bomba centrífuga	95	2	42

En las tablas 28 y 29 se presenta la cantidad económica de pedido, el número de pedidos que debe realizar en los años 2015 y 2016; así como la cantidad de inventario establecida como punto de reorden. Con el objetivo de evitar los desabastecimientos que han estado sucediendo, en los años anteriores, en las entidades objeto de análisis, es importante que esta información se tome de base para gestionar las compras y administrar el inventario durante esos años, pues se establecieron tomando como base el comportamiento histórico de la demanda de los dispositivos para perfusión.

Tabla 30. Proyección del costo total de inventarios 2015

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO APLICANDO EL MODELO EOQ					
2015					
PRODUCTO	Co	Ca	Cd	TOTAL	
Oxigenadores	Q 26,244	Q 26,244	Q 4,369,430	Q	4,421,919
Tuberías de circulación extracorpórea	26,903	26,903	5,320,300		5,374,106
Mini-cardioplégias	10,377	10,377	953,090		973,844
Cardioplégia cristaloiide	974	974	65,175		67,123
Cardioplégia sanguínea	19,908	19,908	1,375,920		1,415,736
Cono para bomba centrífuga	9,933	9,933	840,000		859,866
TOTALES	Q 94,339	Q 94,339	Q 12,923,915	Q	13,112,592

Tabla 31. Proyección del costo total de inventarios 2016

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO APLICANDO EL MODELO EOQ							
2016							
PRODUCTO		Co		Ch		Cp	TOTAL
Oxigenadores	Q	27,753	Q	27,753	Q	5,129,880	Q 5,185,386
Tuberías de circulación extracorpórea		28,655		28,655		6,336,220	6,393,530
Mini-cardioplégias		11,032		11,032		1,130,940	1,153,003
Cardioplégia cristalóide		1,030		1,030		76,480	78,539
Cardioplégia sanguínea		20,866		20,866		1,586,816	1,628,548
Cono para bomba centrífuga		10,369		10,369		960,960	981,698
TOTALES	Q	99,704	Q	99,704	Q	15,221,296	Q 15,420,704

En las tablas 30 y 31 se muestran los costos de ordenar y mantener en que se incurrirá si se aplica el modelo, durante 2015 y 2016, los cuales podrán variar dependiendo del incremento del valor de los costos y gastos, tales como sueldos y salarios del personal que interviene en la realización de los pedidos y en el control y manejo de los inventarios.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el diagnóstico realizado, se determinó que las entidades hospitalarias semiautónomas dedicadas a la atención de pacientes con enfermedades cardiovasculares que requieren cirugías cardíacas en la ciudad de Guatemala, durante el período de análisis no presentaron problemas de vencimiento y obsolescencia, pero sí de escasez.
2. El costo para el manejo de inventarios de material médico quirúrgico para perfusión, en las entidades objeto de estudio, fue de aproximadamente Q. 189,000.00 para 2014 y Q. 180,000.00 para 2013, derivado del proceso burocrático y legal necesario para la adquisición de estos dispositivos.
3. Tomando en consideración las características para el manejo del material médico quirúrgico para perfusión en las entidades analizadas, se determinó que la demanda es conocida porque depende del presupuesto asignado, ocurre a tasa constante; el tiempo de reaprovisionamiento es conocido, además por el tipo de servicio que presta, no se debe permitir la escasez y se incurre en costos para manejar las existencias en las bodegas; por lo cual, el modelo de cantidad económica de pedido EOQ, es aplicable para el manejo de los inventarios de estos productos.
4. Se comprobó que al implementar el modelo determinístico en los productos para perfusión, analizados en esta investigación, se consiguió determinar el costo de ordenar y mantener de cada producto, el tiempo entre pedidos y el punto en que debe emitirse un nuevo pedido para evitar los desabastecimientos.
5. Se determinó un costo por escasez de alrededor de Q. 875 mil y Q. 618 mil en 2014 y 2013, respectivamente; el cual pudo evitarse con la implementación del modelo, manteniendo en bodega la cantidad de productos necesaria para cubrir la demanda al menor costo posible.

6. La aplicación del modelo determinístico, para la administración de los inventarios del material médico quirúrgico para perfusión, demostró que reduce el costo total del manejo de los inventarios y los costos de escasez en Q 892 mil y Q. 645 mil en 2014 y 2013, respectivamente; equivalente al 82% y 77% del costo; debido a que permite determinar la cantidad óptima de pedido en la cual se minimizan los costos y el número de pedidos que deben realizarse en un año, sin incurrir en desabastecimientos.
7. Al utilizar el modelo determinístico que incluye la cantidad económica de pedido (EOQ) para administrar sus inventarios, las Entidades Hospitalarias Semiautónomas lograrán optimizar sus recursos físicos y financieros y cumplir su objetivo principal que es “brindar servicios de forma ininterrumpida, de alta calidad y al menor costo posible” a los pacientes que padecen enfermedades cardiovasculares y que requieren cirugías cardíacas y lo más importante, salvar vidas humanas, lo cual es más valioso que el ahorro en los costos indicados anteriormente.

RECOMENDACIONES

1. A la brevedad posible, las entidades hospitalarias semiautónomas deben implementar el modelo determinístico para administrar el inventario de material médico quirúrgico para perfusión, pues se ha demostrado que el mismo contribuye a la economía de estas organizaciones, minimizando los costos del manejo de los inventarios.
2. Se estima oportuno aplicar el modelo determinístico desarrollado en el presente trabajo de investigación al resto de productos que conforman el inventario de las entidades objeto de análisis, mantengan una demanda constante, el tiempo de reaprovisionamiento es conocido y se incurre en costos para su manejo.
3. Previo a la aplicación del modelo determinístico, a otros insumos debe evaluarse el comportamiento de la demanda de estos y el tiempo de reabastecimiento; con la finalidad de establecer el cumplimiento de los supuestos necesarios para la aplicación del mismo.
4. Un aspecto clave para evitar la escasez de productos es la determinación del punto de reorden, en consecuencia las solicitudes de pedido deben emitirse cuando el inventario ha llegado al nivel establecido como punto de reorden y no cuando los productos han llegado al nivel mínimo.
5. Tomando en consideración que el proceso para la adquisición de dispositivos médicos es prolongado, debido a que deben cumplirse con las disposiciones establecidas en la Ley de Contrataciones del Estado, los administradores de estas entidades deben minimizar al máximo el número de pedidos que realizan al año, con el propósito de disminuir el costo de pedir.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adam E. y Ebert R.J. 1991. Administración de la Producción y las Operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Cuarta Edición. México D. F. Pearson Educación.
2. Asamblea Nacional Constituyente. Constitución Política de la República de Guatemala. Mayo 1985.
3. Besley S. y Brigham. E. F. 2011. Fundamentos de Administración Financiera. 14^a. edición. Erika Jasso y Hernan D´Borneville. México D.F. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
4. Briseño R.H. 2006. Indicadores Financieros Fácilmente Explicados. Edición 2006. México. Editorial Umbral.
5. Bryan Salazar. Control de Inventarios con Demanda Determinística. (En línea). Cali Colombia. Consultado el 23 de julio de 2015. Disponible en <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/control-de-inventarios-con-demanda-determin%C3%ADstica>
6. Carmen Gomar, María Teresa Mata y José Luis Pomar. 2012. Fisiopatología y Técnicas de Circulación Extracorpórea. 2da. Edición. Editores Asociación Española de Perfusionistas.
7. Congreso de la República de Guatemala. Decreto No. 57-92. Ley de Contrataciones del Estado. Octubre de 1992.
8. Congreso de la República de Guatemala. Decreto No. 90-97. Código de Salud. Octubre de 1997.

9. Eppen G. D. 2000. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Quinta edición. México D.F. Prentice –Hall.
10. Francés A. 2006. Estrategia y Planes para la Empresa con el Cuadro de Mando Integral. Primera edición. México D.F. Pearson Educación.
11. Gualán E.G.y Salazar A.C. 2007.Un Modelo de Inventarios y Asignación de espacios. Aplicación a la Empresa Expocolor. Tesis Ingeniero Empresarial. Quito Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ciencias Administrativas.
12. Guzmán Melgar I, García García C. 2012. Prevalencia de Factores de Riesgo Cardiovascular en la Población Guatemalteca. Revista Guatemalteca de Cardiología. Volumen 22: 3-19.
13. Guzmán Melgar I. 2014. Estado Actual de los Factores de Riesgo Cardiovascular en Población General en Guatemala. Revista Guatemalteca de Cardiología. Volumen 24: 5-58.
14. Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. Y Baptista Lucio, P. 2006. Metodología de la Investigación. 4ª.Ed. México, McGraw-Hill Interamericana. 850 p.
15. INE (Instituto Nacional de Estadística). 2014. Estadísticas Vitales 2013. (en línea). Guatemala. Consultado el 28 de julio 2015. Disponible en: <http://osarguatemala.org/sites/all/informa%20y%20datos/Resumen%20ejecutivo.pdf>
16. Krajewski L.J y Ritzman L.P. 2000. Administración de Operaciones, Estrategias y Análisis. Quinta edición. Marisa de Anta. México D. F. Pearson Educación.

17. Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala. Acuerdo Gubernativo No. 1056-92. Reglamento de la Ley de contrataciones del Estado. Diciembre de 1992.
18. Mohammad R.A. y García D.E. 1998. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. Primera edición. México D.F. Litografía Ingramex.
19. Morales H.R. 2006. Administración de Operaciones. Modelos de Inventarios. (en línea). México. Consultado el 17 de octubre de .2012. Disponible en *rmorales.mayo.uson.mx/Mod%20de%20Inventario20061.pdf*.
20. Mora García L.A. Los Indicadores del Desempeño Logístico. (en línea). Consultado el 8 de abril de 2014. Disponible en http://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf.
21. Moya Navarro. 1990. Investigación de Operaciones. Control de Inventarios y Teoría de Colas. Primera edición. San José de costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 167 páginas.
22. OMS (Organización Mundial de la Salud). Enfermedades cardiovasculares. (en línea). Consultado el 27 de julio de 2015. Disponible en http://www.who.int/cardiovascular_diseases/es/
23. Rodrigo Estupiñan y Orlando Estupiñan. 2003. Análisis Financiero y de Gestión. ECOE ediciones.
24. Sánchez R.J. S.F. Modelos de Inventarios. Logística Modelo Determinista (en línea). Chile. Consultado el 19 de octubre de .2012. disponible en www.material_logistica.ucv.cl/
25. Schroeder Roger G. 1992. Administración de Operaciones. México. Editorial McGraw-Hill.

26. Sipper Daniel y Bulfin Robert L. 2003. Planeación y Control de la Producción. 1era edición. México D.F., McGraw-Hill. 262 páginas.
27. Taha. H.A. 2004. Investigación de operaciones. Séptima edición. México D. F. Pearson Educación.
28. Texas heart Institute. Información general sobre cirugía cardiovascular. Consultado el 14 de noviembre 2014. Disponible en http://www.texasheart.org/HIC/Topics_Esp/Proced/.
29. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Postgrado. 2009. Normativo de Tesis Para Optar Al Grado de Maestro en Ciencias.
30. Universidad Técnica Federico de Santa Maria. Departamento de Informática. 2004. Fundamentos de Investigación de Operaciones Teoría de Inventarios. (en línea). Chile. Consultado el 14 de noviembre de 2014. Disponible en http://www.inf.utfsm.cl/~esaez/fio/s1_2004/apuntes/inventarios_s1_2004.pdf

ANEXO 1
DETERMINACIÓN DEL COSTO DE ORDENAR

El costo de ordenar está integrado por el costo de la emisión del pedido más el que conlleva el proceso de compra, el cual es denominado proceso de gestión de compras.

COSTO DE ORDENAR			
<i>Expresado en Quetzales</i>			
COSTO DE:	RÉGIMEN DE COMPRAS		
	Compra Directa	Cotización	Licitación
Emisión de la solicitud de compra	25	25	25
Proceso de gestión de compra	550	5,113	10,265
	576	5,138	10,290

Costo de la emisión del pedido: este se determinó tomando el valor del salario y prestaciones laborales del personal que interviene en la preparación de la solicitud, la depreciación del mobiliario y equipo de cómputo utilizado y gastos generales de administración como agua, luz, teléfono; En cuanto al tiempo para emisión de una solicitud (expresado en horas), se consideró el tiempo promedio que conlleva emitir una solicitud de compra en bodega. Enseguida se presenta el cálculo del mismo:

INTEGRACIÓN DE COSTO AMINISTRATIVO DE LA BODEGA			
	MENSUAL	DIARIO	HORA
Costo de personal			
Jefe de bodega	Q 11,183	Q 373	Q 47
Auxiliar A	4,746	158	20
Auxiliar B	4,746	158	20
	20,674		86
Depreciación de mobiliario y equipo			
3 Computadoras	177	6	1
2 Impresora	14	0	0
Mobiliario: 3 escritorios, 3 sillas, 3 archivadores	63	2	0
	191		1
Otros costos			
Papelería y útiles	3,000	100	13
Gastos Generales (Luz, teléfono, agua, otros.)	550	18	2
COSTO TOTAL	Q 24,415		Q 102
			0.25
Tiempo para emisión de una solicitud			
Costo de emisión de solicitudes			Q 25

Costo del proceso de gestión de compra: Debido a que este tipo de instituciones están sujetas a las disposiciones contenidas en la Ley de Contrataciones del Estado para la realización de sus compras; se procedió a determinar el costo del proceso de gestión de compra de los distintos regímenes contemplados en dicha Ley, pues el personal que interviene y el tiempo que se invierte en cada régimen es distinto.

Para la determinación de este costo se tomó en consideración el valor de los salarios y prestaciones laborales del personal que interviene en el proceso, entre estos tenemos personal administrativo, médico y paramédico; así como, las depreciaciones del mobiliario y equipo del Departamento de Compras y gastos generales de administración tales como: agua, luz, teléfono, servicio de Internet, papelería y útiles. En cuanto al tiempo invertido en el proceso (expresado en horas), se consideró el tiempo promedio que se invierte en gestionar una orden de compra bajo los diferentes regímenes.

Integración de costos por tipo de régimen:

INTEGRACIÓN COSTO DE GESTIÓN DE COMPRA			
<i>Régimen de compra directa</i>			
	MENSUAL	DIARIO	HORA
Costo de personal			
Jefe de compras	Q 12,087	Q 403	Q 50
Asistente	7,524	251	31
Auxiliar	6,828	228	28
	26,438		110.16
Depreciación de equipo de computo			
3 Computadoras	177	6	1
1 Scanner	7	0	0
3 Impresora	21	1	0
	205		1
Otros costos			
Papelería y útiles	3,000	100	13
Servicio de internet	550	18	2
Servicio telefónico	2,500	83	10
Energía eléctrica	315	11	1
	6,365		27
COSTO TOTAL	Q 33,008		Q 138
Tiempo invertido en cada proceso (expresado en horas)			4
Costo del proceso de compras			Q 550

INTEGRACIÓN COSTO DE GESTIÓN DE COMPRA			
<i>Régimen de Cotización</i>			
	MENSUAL	DIARIO	HORA
Costo de personal			
Jefe de compras	Q 12,087	Q 403	Q 50
Asistente	7,524	251	31
Auxiliar	6,828	228	28
	26,438		110
Depreciación de equipo de computo			
3 Computadoras	177	6	1
1 Scanner	7		
3 Impresora	21	1	0
	205		1
Otros costos			
Papelería y útiles	3,000	100	13
Servicio de internet	550	18	2
Servicio telefónico	2,500	83	10
Energía eléctrica	315	11	1
	6,365		27
COSTO TOTAL	Q 33,008		Q 138
Tiempo invertido en cada proceso (expresado en horas)			25
Costo del proceso de compras			Q 3,438
Costo servicios auxiliares			
Junta de cotización (A)			Q 946
Asesoría legal			417
Auditoría interna			313
			1,675
Costo total			Q 5,113

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE JUNTA DE COTIZACIÓN				
	No. DE PERSONAS	COSTO		
		MENSUL	DÍA	HORA
Médicos residentes	3	Q 49,422	Q 1,647	Q 206
Médico especialista asesor	1	26,250	875	109
Costo total por hora				Q 315
Tiempo invertido (expresado en horas)				3
Costo total invertido en el proceso				Q 946

INTEGRACIÓN COSTO DE GESTIÓN DE COMPRA			
<i>Régimen de Licitación</i>			
	MENSUAL	DIARIO	HORA
Costo de personal			
Jefe de compras	Q 12,087	Q 403	Q 50
Asistente	7,524	251	31
Auxiliar	6,828	228	28
	26,438		110
Depreciación de equipo de computo			
3 Computadoras	177	6	1
1 Scanner	7		
3 Impresora	21	1	0
	205		1
Otros costos			
Papelería y útiles	3,000	100	13
Servicio de internet	550	18	2
Servicio telefónico	2,500	83	10
Energía eléctrica	315	11	1
	6,365		27
COSTO TOTAL	Q 33,008		Q 138
Tiempo invertido en cada proceso (expresado en horas)			30
Costo del proceso de compras			Q 4,125
Costo servicios auxiliares			
Junta de licitación (B)			Q 1,810
Asesoría legal			417
Auditoría interna			313
Publicaciones en prensa			3,600
			6,140
Costo Total			Q 10,265

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE JUNTA DE LICITACIÓN				
	No. DE PERSONAS	COSTO		
		MENSUL	DÍA	HORA
Médicos residentes	5	Q 82,370	Q 2,746	Q 343
Médico especialista asesor	1	26,250	875	109
Costo total por hora				Q 453
Tiempo invertido (expresado en horas)				4
Costo total invertido en el proceso				Q 1,810

Costo de las órdenes realizadas: en el siguiente cuadro se presenta el cálculo del costo incurrido en las ordenes realizadas en los años 2014 y 2013, bajo los procedimientos administrativos vigentes.

CÁLCULO DEL COSTO DE ORDENAR						
2014						
PRODUCTO	COMPRAS DIRECTAS		COTIZACIONES		Co POR AÑO	
	CANTIDAD	TOTAL	CANTIDAD	TOTAL		
Oxigenadores	19	Q 10,937	6	Q 30,829	Q	41,766
Tuberías de circulación extracorpórea	15	8,634	7	35,967		44,602
Mini-cardioplégias	6	3,454	2	10,276		13,730
Cardioplégia cristalóide	1	576	0	-		576
Cardioplégia sanguínea	3	1,727	6	30,829		32,556
Cono para bomba centrífuga	7	4,029	3	15,415		19,444
TOTAL DE ORDENES REALIZADAS	51	Q 29,357	24	Q 123,317	Q	152,674

CÁLCULO DEL COSTO DE ORDENAR						
2013						
PRODUCTO	COMPRAS DIRECTAS		COTIZACIONES		Co POR AÑO	
	CANTIDAD	TOTAL	CANTIDAD	TOTAL		
Oxigenadores	2	Q 1,151	8	Q 41,106	Q	42,257
Tuberías de circulación extracorpórea	5	2,878	8	41,106		43,984
Mini-cardioplégias	6	3,454	2	10,276		13,730
Cardioplégia cristalóide	1	576	0	-		576
Cardioplégia sanguínea	7	4,029	4	20,553		24,582
Cono para bomba centrífuga	1	576	3	15,415		15,990
TOTAL DE ORDENES REALIZADAS	22	Q 12,664	25	Q 128,455	Q	141,119

En las tablas anteriores se presenta la cantidad de procesos de compra realizados durante 2014 y 2013, los cuales fueron valuados al costo de ordenar calculado en la tabla 3. El costo de ordenar de las compras directas se estimó en Q. 576 y el de cotización en Q. 5,138.

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE MANTENIMIENTO

Este rubro está compuesto por el costo del capital que se invierte en los inventarios que permanecen en bodega, más el de mantenerlos almacenados.

Costo de capital: Esta representado por el costo financiero pagado a los proveedores por el tiempo de crédito concedido.

CÁLCULO DEL COSTO DE CAPITAL			
2,014		2,013	
CK=	$\frac{Q. 5,800,000 * 6\%}{12}$	$\frac{Q. 3,900,000 * 6\%}{12}$	
CK Mensual=	<u>Q 29,000</u>	<u>Q 19,500</u>	
CK Anual=	<u>Q 348,000</u>	<u>Q 234,000</u>	

Costo de almacenamiento: incluye los costos referentes a la logística para el manejo de los inventarios, incluyendo: gastos de servicios básicos, depreciación del edificio de la bodega y del mobiliario y equipo utilizado para resguardar los productos. A continuación se presenta la integración del mismo.

COSTO DE ALMACENAJE				
	COSTO			
		MENSUAL		ANUAL
Costo administrativo de la bodega (véase anexo I)	Q	24,415	Q	292,977
Depreciaciones		2,000		24,000
Servicio de intendencia		2,560		30,719
	Q	<u>28,975</u>	Q	<u>347,696</u>

Depreciaciones: a continuación se presenta el cálculo de las depreciaciones de los bienes que se utilizan para almacenar los productos, acorde a los porcentajes establecidos para este tipo de bienes.

CÁLCULO DE DEPRECIACIONES							
		DEPRECIACIÓN					
		COSTO DEL EQUIPO		MENSUAL		ANUAL	
Depreciaciones							
Anaqueles	Q	5,000	Q	83	Q	1,000	
Bodegas		450,000		1,875		22,500	
Mobiliario		2,500		42		500	
			Q	2,000	Q	24,000	

Servicio de intendencia: corresponde a los servicios de limpieza del edificio e instalaciones.

COSTO DEL SERVICIO DE INTENDENCIA					
		MENSUAL		ANUAL	
Costo de personal	Q	73,376		880,516	
Materiales y suministros de limpieza		79,000		948,000	
Costo total		152,376		1,828,516	
Metros cuadrados del hospital		7,500		7,500	
Costo por metro cuadrado		20		244	
Longitud de la bodega en metros cuadrados		126		126	
Costo de mantenimiento	Q	2,560	Q	30,719	

Costo total de mantenimiento por producto: está representado por la suma del costo de capital y de almacenaje. Para determinar el costo de mantenimiento por producto se dividió el total de éste entre el promedio de productos que se mantuvo en bodega durante 2014 y 2013.

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO				
	2,014		2,013	
Costo de capital <i>CK</i>	Q	348,000	Q	234,000
Costo de almacenaje <i>CA</i>		347,696		347,696
Costo de mantenimiento <i>Ch</i>	Q	695,696	Q	581,696
Promedio de productos en bodega		3500		3500
<i>Ch</i> por producto	Q	199	Q	166

Para determinar el costo de mantenimiento incurrido en los productos para perfusión, durante 2014 y 2013, se tomó el promedio de unidades en inventario y se multiplico por el costo unitario de mantenimiento.

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIOS					
2014					
PRODUCTO	PROMEDIO	Ch POR PRODUCTO		Ch TOTAL	
Oxigenadores	53	Q	199	Q	10,547
Tuberías de Circulación Extracorpórea	46		199		9,154
Mini-Cardioplégias	32		199		6,368
Cardioplégia Cristaloide	10		199		1,990
Cardioplégia Sanguinea	30		199		5,970
Cono para Bomba Centrifuga	15		199		2,985
				Q	37,014

COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIOS					
2013					
PRODUCTO	PROMEDIO	Ch POR PRODUCTO		Ch TOTAL	
Oxigenadores	44		166	Q	7,304
Tuberías de Circulación Extracorpórea	63		166		10,458
Mini-Cardioplégias	35		166		5,810
Cardioplégia Cristaloide	20		166		3,320
Cardioplégia Sanguinea	53		166		8,798
Cono para Bomba Centrifuga	21		166		3,486
				Q	39,176

ANEXO 3
COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIOS

Está constituido por la suma del costo de ordenar, calculado en la Tabla 4 y de mantenimiento de inventarios calculado en el anexo II y se integra como se presenta enseguida:

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO					
PRODUCTO	2014				
	ORDENAR		MANTENER		TOTAL
	<i>Co</i>		<i>Ch</i>		
Oxigenadores	Q	41,766	Q	10,547	Q 52,313
Tuberías de Circulación Extracorpórea		44,602		9,154	53,756
Mini-Cardioplégias		13,730		6,368	20,098
Cardioplégia Cristalóide		576		1,990	2,566
Cardioplégia Sanguinea		32,556		5,970	38,526
Cono para Bomba Centrifuga		19,444		2,985	22,429
TOTALES	Q	152,674	Q	37,014	Q 189,688

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO					
PRODUCTO	2013				
	ORDENAR		MANTENER		TOTAL
	<i>Co</i>		<i>Ch</i>		
Oxigenadores	Q	42,257	Q	7,304	Q 49,561
Tuberías de Circulación Extracorpórea		43,984		10,458	54,442
Mini-Cardioplégias		13,730		5,810	19,540
Cardioplégia Cristalóide		576		3,320	3,896
Cardioplégia Sanguinea		24,582		8,798	33,380
Cono para Bomba Centrifuga		15,990		3,486	19,476
TOTALES	Q	141,119	Q	39,176	Q 180,295

ANEXO 4

CALCULO DEL COSTO DE ESCASEZ

Costo de quirófanos por hora : está constituido por el valor de la mano de obra y prestaciones laborales del personal médico, paramédico y de intendencia, así como por el costo de los servicios generales y las depreciaciones del edificio, mobiliario y equipo utilizado en las salas de operaciones. En este cálculo no se consideró el costo de materiales y suministros, pues este se establece de acuerdo con el consumo efectivo, en cada cirugía.

Además, se adiciona una proporción de los costos indirectos, correspondientes a los servicios auxiliares, tales como terapia respiratoria, central de equipos y administración. Para establecer el costo por hora, se tomó en consideración cuatro quirófanos, 22 días hábiles de trabajo por mes y 8 horas efectivas de trabajo por día, por lo tanto se determinó 704 horas efectivas de trabajo por mes.

Para establecer el costo por hora de quirófano, tal como se muestra enseguida, se dividió el valor total de costos directos e indirectos de un mes de sala de operaciones, entre las horas efectivas de trabajo mensuales.

INTEGRACIÓN DE COSTOS POR SERVICIOS			
<i>Expresado en Quetzales</i>			
COSTOS DIRECTOS POR SERVICIO			
SERVICIO	MANO DE OBRA	GASTOS POR SERVICIOS	TOTAL MENSUAL
Encamamiento adultos	204,663	110,383	315,046
Encamamiento pediatría	233,277	102,789	336,066
Intensivo adultos	311,411	113,606	425,016
Intensivo pediatría	396,305	97,752	494,057
Sala de operaciones	686,060.93	233,867	919,928

INTEGRACIÓN DE COSTOS POR SERVICIOS				
<i>Expresado en Quetzales</i>				
COSTOS INDIRECTOS SERVICIOS AUXILIARES				
SERVICIO	Terapia Respiratoria	Central de equipos	Admón.	Total Mensual
Encamamiento adultos	49,042	13,565	51,859	114,466
Encamamiento pediatría	52,314	14,470	55,319	122,103
Intensivo adultos	66,160	18,300	69,961	154,421
Intensivo pediatría	76,907	21,273	81,325	179,506
Sala de operaciones	-	-	213,285	213,285

INTEGRACIÓN DE COSTOS POR SERVICIOS						
<i>Expresado en Quetzales</i>						
COSTOS						
SERVICIOS	Directos	Indirectos	Mensual	Unidad de costo	Unidad por mes	Costo Unitario
Encamamiento adultos	Q 315,046	Q 114,466	Q 429,511	D/C.E	600	Q 716
Encamamiento pediatría	336,066	122,103	458,168	D/C.E	432	1,061
Intensivo adultos	425,016	154,421	579,437	D/C.E	171	3,389
Intensivo pediatría	494,057	179,506	673,563	D/C.E	270	2,495
Sala de operaciones	919,928	213,285	1,133,213	H.E	704	1,610

D/C.E = Días cama efectivos
H.E = Horas efectivas

De acuerdo con la investigación se estableció que por falta de material médico quirúrgico para perfusión, durante 2014 y 2013 en promedio se detuvo la realización de cirugías durante 1 día por mes, en consecuencia se generó costo de escasez. A continuación se presenta el cálculo de este costo, que se generó durante los años indicados.

COSTO POR DÍA DE QUIROFANO				
COSTO POR HORA	HORAS POR DÍA	COSTO DIARIO	No. DE QUIRÓFANOS	COSTO POR DÍA
Q 1,610	8	Q 12,877	4	Q 51,510

En consecuencia, por los días en que se detuvo la producción el costo de escasez se determinó como se indica enseguida

COSTO DE ESCASEZ		
	2014	2013
Días promedio en los que se cancelaron cirugías	17	12
Costo de quirófanos por día	Q 51,510	Q 51,510
Costo causado por escasez	Q 875,665	Q 618,116

ANEXO 5

**APLICACIÓN DEL MODELO DETERMINÍSTICO EN LOS PRODUCTOS PARA
PERFUSIÓN**

Enseguida se presenta en detalle el cálculo de la cantidad óptima de pedido, el número de pedidos que deben realizarse, el costo total del manejo de inventarios y el punto de reorden, de cada uno de los productos objeto de estudio.

OXIGENADORES							
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L		
2014	Q10,290	569	Q 199	Q 6,344	16		
2013	Q10,290	528	Q 166	Q 5,941	Semanas		

CANTIDAD ÓPTIMA	
2014	2013
$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,290 * 569}{199}$	$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,290 * 528}{166}$
$Q^* = \sqrt{58,844.32}$	$Q^* = \sqrt{65,380.97}$
$Q^* = \underline{\quad 243 \quad}$	$Q^* = \underline{\quad 256 \quad}$

Número de pedidos

2014

$$Q \text{ Por año} = \frac{569}{243}$$

$$Q \text{ Por año} = \underline{\quad 2 \quad}$$

2013

$$Q \text{ por año} = \frac{528}{256}$$

$$Q \text{ por año} = \underline{\quad 2 \quad}$$

Costo de ordenar

2014

$$Co = \frac{10,290 * 569}{243}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 24,137}}$$

2013

$$Co = \frac{10,290 * 528}{256}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 21,236}}$$

Costo total

2014

$$CT(Q) = (10,290) * (569/243) + (6,344) * (569) + (243/2) * 199$$

$$CT(Q) = \quad 24,137 \quad + \quad 3,609,736 \quad + \quad 24,137$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 3,658,009}}$$

2013

$$CT(Q) = (10,290) * (528/256) + (5,941) * (528) + (256/2) * 166$$

$$CT(Q) = \quad 21,236 \quad + \quad 3,136,848 \quad + \quad 21,236$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 3,179,319}}$$

Punto de reorden

$$2014$$

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{243}{569}$$

$$T = 0.43 \text{ De año}$$

$$T = 22 \text{ Semanas}$$

$$R = D * L$$

$$R = 569 * \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{175}}$$

$$2013$$

$$T = \frac{256}{528}$$

$$T = 0.48 \text{ De año}$$

$$T = 25 \text{ Semanas}$$

$$R = 528 * \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{162}}$$

TUBERÍA DE CIRCULACION EXTRACORPÓREA						
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L	
2014	Q10,290	588	Q 199	Q 8,182	16	
2013	Q10,290	535	Q 166	Q 8,083	Semanas	

$$\text{CANTIDAD ÓPTIMA}$$

$$2014$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 10,290 * 588}}{199}$$

$$Q^* = \sqrt{68,809}$$

$$Q^* = \underline{\underline{247}}$$

$$2013$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 10,290 * 535}}{166}$$

$$Q^* = \sqrt{66327}$$

$$Q^* = \underline{\underline{258}}$$

Número de pedidos

2014

$$Q \text{ Por año} = \frac{588}{247}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2013

$$Q \text{ por año} = \frac{535}{258}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2014

$$Co = \frac{10,290 * 588}{247}$$

$$Co = \underline{Q \quad 24,536}$$

2013

$$Co = \frac{10,290 * 535}{258}$$

$$Co = \underline{Q \quad 21,376}$$

Costo total

2014

$$CT(Q) = (10,290) * (588/247) + (8,182) * (588) + ((247/2)*199)$$

$$CT(Q) = 24,536 + 4,811,016 + 24,536$$

$$CT(Q) = \underline{Q \quad 4,860,088}$$

2013

$$CT(Q) = (10,290) * (535/258) + (8,083) * (535) + ((258/2)*166)$$

$$CT(Q) = 21,376 + 4,324,405 + 21,376$$

$$CT(Q) = \underline{Q \quad 4,367,157}$$

Punto de reorden

2014

2013

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{247}{588}$$

$$T = 0.42 \quad \text{De año}$$

$$T = 22 \quad \text{Semanas}$$

$$T = \frac{257.54}{535}$$

$$T = 0.48 \quad \text{De año}$$

$$T = 25 \quad \text{Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 588 * \frac{16}{52}$$

$$R = 588 * 0.30769$$

$$R = \underline{\underline{181}}$$

$$R = 535 * \frac{16}{52}$$

$$R = 535 * 0.30769$$

$$R = \underline{\underline{165}}$$

MINICARDIOPLEGIAS					
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L
2014	Q 5,138	176	Q 199	Q 4,974	12 Semanas
2013	Q 5,138	161	Q 166	Q 4,661	

CANTIDAD ÓPTIMA

2014

2013

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 5,138 * 176}}{199}$$

$$Q^* = \sqrt{9,088.32}$$

$$Q^* = \underline{\underline{95}}$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 5,138 * 161}}{199}$$

$$Q^* = \sqrt{9,966.48}$$

$$Q^* = \underline{\underline{100}}$$

Número de pedidos

2014

$$Q \text{ Por año} = \frac{176}{95}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2013

$$Q \text{ por año} = \frac{161}{100}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2014

$$Co = \frac{5,138 * 176}{95}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{9,486}}$$

2013

$$Co = \frac{5,138 * 161}{100}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{8,286}}$$

Costo total

2014

$$CT(Q) = (5138) * (176/95) + (4,974) * (176) + (95/2) * 199$$

$$CT(Q) = 9,486 + 875,424 + 9,486$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{894,395}}$$

2013

$$CT(Q) = (5138) * (161/100) + (4,661) * (161) + (100/2) * 199$$

$$CT(Q) = 8,286 + 750,421 + 8,286$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{766,993}}$$

Punto de reorden

$$2014$$

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{95}{176}$$

$$T = 0.54 \text{ De año}$$

$$T = 28 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 176 * \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{41}}$$

$$2013$$

$$T = \frac{100}{161}$$

$$T = 0.62 \text{ De año}$$

$$T = 32 \text{ Semanas}$$

$$R = 161 * \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{37}}$$

CARDIOPLEGIA CRISTALOIDE							
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L		
2014	Q 576	14	Q 199	Q 3,950			
2013	Q 576	13	Q 166	Q 3,950	3 Semanas		

$$\text{CANTIDAD OPTIMA}$$

$$2014$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 576 * 14}{199}$$

$$Q^* = \sqrt{81.0452}$$

$$Q^* = \underline{\underline{9}}$$

$$2013$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 576 * 13}{166}$$

$$Q^* = \sqrt{90.2169}$$

$$Q^* = \underline{\underline{9}}$$

Número de pedidos**2014**

$$Q \text{ Por año} = \frac{14}{9}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2013

$$Q \text{ por año} = \frac{13}{9}$$

$$Q \text{ por año} = 1$$

Costo de Ordenar**2014**

$$Co = \frac{576 * 14}{9}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{896}}$$

2013

$$Co = \frac{576 * 13}{9}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{788}}$$

Costo total

$$CT(Q) = \frac{2014}{(576) * (14/9) + (3,950) * (14) + (9/2) * 199}$$

$$CT(Q) = 896 + 55,300 + 896$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{57,092}}$$

$$CT(Q) = \frac{2013}{(576) * (13/9) + (3,950) * (13) + (9/2) * 166}$$

$$CT(Q) = 788 + 51,350 + 788$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{52,927}}$$

Punto de reorden

2014

2013

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{9}{14}$$

$$T = \frac{9}{13}$$

$$T = 0.64 \text{ De año}$$

$$T = 0.73 \text{ De año}$$

$$T = 33 \text{ Semanas}$$

$$T = 38 \text{ Semanas}$$

$$R = \frac{D \cdot L}{Q}$$

$$R = 14 \cdot \frac{3}{52}$$

$$R = 13 \cdot \frac{3}{52}$$

$$R = \underline{\underline{1}}$$

$$R = \underline{\underline{1}}$$

CARDIOPLEGIA SANGUINEA						
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L	
2014	Q10,290	334	Q 199	Q 3,910	16	
2013	Q10,290	317	Q 166	Q 3,696	Semanas	

CANTIDAD ÓPTIMA	
2014	2013
$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,290 * 334}{199}$	$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,290 * 317}{166}$
$Q^* = \sqrt{34,541.31}$	$Q^* = \sqrt{39,300.36}$
$Q^* = \underline{\underline{186}}$	$Q^* = \underline{\underline{198}}$

Número de pedidos

2014

$$Q \text{ Por año} = \frac{334}{186}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2013

$$Q \text{ por año} = \frac{317}{198}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2014

$$Co = \frac{10,290 * 334}{186}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{18,492}}$$

2013

$$Co = \frac{10,290 * 317}{198}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{16,454}}$$

Costo total

$$CT(Q) = (10,290) * (334/186) + (3,910) * (334) + (186/2) * 199$$

$$CT(Q) = 18,492 + 1,305,940 + 18,492$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{1,342,925}}$$

2013

$$CT(Q) = (10,290) * (317/198) + (3,696) * (317) + (198/2) * 166$$

$$CT(Q) = 16,454 + 1,171,632 + 16,454$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{1,204,540}}$$

Punto de reorden

2014

2013

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{186}{334}$$

$$T = \frac{198}{317}$$

$$T = 0.56 \text{ De año}$$

$$T = 0.63 \text{ De año}$$

$$T = 29 \text{ Semanas}$$

$$T = 33 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 334 \cdot \frac{16}{52}$$

$$R = 317 \cdot \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{103}}$$

$$R = \underline{\underline{98}}$$

GONOS						
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L	
2014	Q 5,138	168	Q 199	Q 4,755	12	
2013	Q 5,138	161	Q 166	Q 4,712	Semanas	

CANTIDAD ÓPTIMA

2014

2013

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} \cdot 5,138 \cdot 168}{199}$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} \cdot 5,138 \cdot 161}{199}$$

$$Q^* = \sqrt{8,675.22}$$

$$Q^* = \sqrt{9,966.48}$$

$$Q^* = \underline{\underline{93}}$$

$$Q^* = \underline{\underline{100}}$$

Número de pedidos

2014

$$Q \text{ Por año} = \frac{168}{93}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2013

$$Q \text{ por año} = \frac{161}{100}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2014

$$Co = \frac{5,138 * 168}{93}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{9,268}}$$

2013

$$Co = \frac{5,138 * 161}{100}$$

$$Co = Q \quad \underline{\underline{8,286}}$$

Costo total

$$CT(Q) = (5138) * (168/93) + (4,755) * (168) + (93/2) * 199$$

$$CT(Q) = 9,268 + 798,840 + 9,268$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{817,375}}$$

2013

$$CT(Q) = (5138) * (161/100) + (4,712) * (161) + (100/2) * 166$$

$$CT(Q) = 8,286 + 758,632 + 8,286$$

$$CT(Q) = Q \quad \underline{\underline{775,204}}$$

Punto de reorden

2014

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{93}{168}$$

$$T = 0.55 \text{ De año}$$

$$T = 29 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 168 * \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{39}}$$

2013

$$T = \frac{100}{161}$$

$$T = 0.62 \text{ De año}$$

$$T = 32 \text{ Semanas}$$

$$R = 161 * \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{37}}$$

En los cuadros siguientes se muestra el resumen de los resultados, de la aplicación del modelo a los productos sujetos de análisis en la presente investigación.

2014			
<i>PRODUCTO</i>	<i>Q*</i>	<i>No de pedidos</i>	<i>Punto de reorden</i>
Oxigenadores	243	2	175
Tuberías de circulación extracorpórea	247	2	181
Mini-cardioplégias	95	2	41
Cardioplégia cristaloides	9	2	1
Cardioplégia sanguínea	186	2	103
Cono para bomba centrífuga	93	2	39

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO APLICANDO EL MODELO EOQ						
2014						
<i>PRODUCTO</i>	<i>Q</i>	<i>C_o</i>	<i>C_h</i>	<i>C_p</i>	<i>TOTAL</i>	
Oxigenadores	Q	24,137	Q	24,137	Q 3,609,736	Q 3,658,009
Tuberías de circulación extracorpórea		24,536		24,536	4,811,016	4,860,088
Mini-cardioplégias		9,486		9,486	875,424	894,395
Cardioplégia cristaloides		896		896	55,300	57,092
Cardioplégia sanguínea		18,492		18,492	1,305,940	1,342,925
Cono para bomba centrífuga		9,268		9,268	798,840	817,375
TOTALES	Q	86,814	Q	86,814	Q 11,456,256	Q 11,629,884

2013			
PRODUCTO	Q*	No de pedidos	Punto de reorden
Oxigenadores	256	2	162
Tuberías de circulación extracorpórea	258	2	165
Mini-cardioplégias	100	2	37
Cardioplégia cristaloides	9	1	1
Cardioplégia sanguínea	198	2	98
Cono para bomba centrífuga	100	2	37

COSTO TOTAL DEL MANEJO DE INVENTARIO APLICANDO EL MODELO EOQ					
2013					
PRODUCTO		C _o	C _t	C _p	TOTAL
Oxigenadores	Q	21,248	Q 21,248	Q 3,136,848	Q 3,179,345
Tuberías de circulación extracorpórea		21,376	21,376	4,324,405	4,367,157
Mini-cardioplégias		8,286	8,286	750,421	766,993
Cardioplégia cristaloides		788	788	51,350	52,927
Cardioplégia sanguínea		16,454	16,454	1,171,632	1,204,540
Cono para bomba centrífuga		8,286	8,286	758,632	775,204
TOTALES	Q	76,439	Q 76,439	Q 10,193,288	Q 10,346,166

ANEXO 6

VALOR PROMEDIO DEL INVENTARIO

Para su determinación se tomaron los saldos mensuales de inventarios y se aplicó promedio aritmético, enseguida se incluye el cálculo:

PROMEDIO DE INVENTARIOS		
	VALOR DE LOS INVENTARIOS	
MES	2014	2013
Enero	Q 4,708,404	Q 3,982,121
Febrero	4,715,298	3,555,497
Marzo	5,419,257	3,379,506
Abril	5,625,956	2,970,319
Mayo	5,606,986	3,270,579
Junio	5,822,663	3,204,886
Julio	4,133,595	4,133,595
Agosto	7,036,505	3,862,871
Septiembre	7,075,257	3,982,086
Octubre	6,129,427	4,723,713
Noviembre	5,972,161	4,807,720
Diciembre	7,245,850	4,737,271
	<u>69,491,359</u>	<u>46,610,164</u>
Promedio	<u>5,790,947</u>	<u>3,884,180</u>
Aproximado	Q 5,800,000	Q 3,900,000

Anexo 7

APLICACIÓN DEL MODELO DETERMINÍSTICO A LA PROYECCIÓN DE CONSUMO DE MATERIAL MÉDICO QUIRÚRGICO PARA PERFUSIÓN

A continuación se detalla el cálculo de la cantidad óptima de pedido, el número de pedidos, el punto de reorden y los costos de pedir y mantener inventarios para los años 2015 y 2016.

OXIGENADORES						
AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L	
2015	Q10,805	610	Q 209	Q 7,163	16	
2016	Q10,805	651	Q 219	Q 7,880	Semanas	

CANTIDAD ÓPTIMA	
2015	2016
$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,805 * 651}{219}$	$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,805 * 610}{219}$
$Q^* = \sqrt{63,072.25}$	$Q^* = \sqrt{64,237.95}$
$Q^* = \underline{\underline{251}}$	$Q^* = \underline{\underline{253}}$

Número de pedidos

2015	2016
$Q \text{ Por año} = \frac{610}{251}$	$Q \text{ por año} = \frac{651}{253}$
$Q \text{ Por año} = 2$	$Q \text{ por año} = 3$

Costo de ordenar

2016

$$Co = \frac{10,805 * 610}{251}$$

$$Co = Q \quad 26,244$$

2015

$$Co = \frac{10,805 * 651}{253}$$

$$Co = Q \quad 27,753$$

Costo total

2015

$$CT(Q) = (10,805) * (610/251) + (7,163) * (610) + (251/2) * 209$$

$$CT(Q) = \quad 26,244 \quad + \quad 4,369,430 \quad + \quad 26,244$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 4,421,919}}$$

2016

$$CT(Q) = (10,805) * (651/253) + (7,880) * (651) + (253/2) * 219$$

$$CT(Q) = \quad 27,753 \quad + \quad 5,129,880 \quad + \quad 27,753$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 5,185,386}}$$

Punto de rorden

2015

2016

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{251}{610}$$

$$T = 0.41 \text{ De año}$$

$$T = 21 \text{ Semanas}$$

$$T = \frac{253}{651}$$

$$T = 0.39 \text{ De año}$$

$$T = 20 \text{ Semanas}$$

$$R = \frac{D \cdot L}{52}$$

$$R = 610 \cdot \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{188}}$$

$$R = 651 \cdot \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{200}}$$

TUBERÍA DE CIRCULACION EXTRACORPOREA

AÑO	C _o	D	Ch	P _c	L
2015	Q10,805	641	Q 209	Q 8,300	16
2016	Q10,805	694	Q 219	Q 9,130	Semanas

CANTIDAD OPTIMA

2015

2016

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} \cdot 10,805 \cdot 641}{209}$$

$$Q^* = \sqrt{66,277.56}$$

$$Q^* = \underline{\underline{257}}$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} \cdot 10,805 \cdot 694}{219}$$

$$Q^* = \sqrt{68,481.00}$$

$$Q^* = \underline{\underline{262}}$$

Número de pedidos**2015**

$$Q \text{ Por año} = \frac{641}{257}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2016

$$Q \text{ por año} = \frac{694}{262}$$

$$Q \text{ por año} = 3$$

Costo de ordenar**2015**

$$Co = \frac{10,805 * 641}{257}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 26,903}}$$

2016

$$Co = \frac{10,805 * 694}{262}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 28,655}}$$

Costo total**2015**

$$CT(Q) = (10,805) * (641/257) + (8,300) * (641) + ((257/2)*209)$$

$$CT(Q) = 26,903 + 5,320,300 + 26,903$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 5,374,106}}$$

2016

$$CT(Q) = (10,805) * (694/262) + (9,130) * (694) + ((262/2)*219)$$

$$CT(Q) = 28,655 + 6,336,220 + 28,655$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 6,393,530}}$$

Punto de reorden

2015

2016

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{257}{641}$$

$$T = 0.40 \quad \text{De año}$$

$$T = 21 \quad \text{Semanas}$$

$$T = \frac{262}{694}$$

$$T = 0.38 \quad \text{De año}$$

$$T = 20 \quad \text{Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 641 * \frac{16}{52}$$

$$R = 641 * 0.30769$$

$$R = \underline{\underline{197}}$$

$$R = 694 * \frac{16}{52}$$

$$R = 694 * 0.30769$$

$$R = \underline{\underline{214}}$$

MINICARDIOPLEGIAS

AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L
2015	Q 5,395	191	Q 209	Q 4,990	12 Semanas
2016	Q 5,395	206	Q 219	Q 5,490	

CANTIDAD OPTIMA

2015

2016

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 5,395 * 191}}{209}$$

$$Q^* = \sqrt{9,860.72}$$

$$Q^* = \underline{\underline{99}}$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 * 5,395 * 206}}{219}$$

$$Q^* = \sqrt{10,149.50}$$

$$Q^* = \underline{\underline{101}}$$

Número de pedidos

2015

$$Q \text{ Por año} = \frac{191}{99}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2016

$$Q \text{ por año} = \frac{206}{101}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2015

$$Co = \frac{5,395 * 191}{99}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 10,377}}$$

2016

$$Co = \frac{5,395 * 206}{101}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 11,032}}$$

Costo total

2015

$$CT(Q) = (5,395) * (191/99) + (4,990) * (191) + (99/2) * 209$$

$$CT(Q) = 10,377 + 953,090 + 10,377$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 973,844}}$$

2016

$$CT(Q) = (5,395) * (206/101) + (5,490) * (206) + (101/2) * 219$$

$$CT(Q) = 11,032 + 1,130,940 + 11,032$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 1,153,003}}$$

Punto de reorden

2015

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{99}{191}$$

$$T = 0.52 \text{ De año}$$

$$T = 27 \text{ Semanas}$$

2016

$$T = \frac{101}{206}$$

$$T = 0.49 \text{ De año}$$

$$T = 25 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 191 \cdot \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{44}}$$

$$R = 206 \cdot \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{48}}$$

CARDIOPLEGIA CRISTALOIDE

AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L
2015	Q 605	15	Q 209	Q 4,345	3 Semanas
2016	Q 605	16	Q 219	Q 4,780	

CANTIDAD ÓPTIMA

2015

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 605 * 15}{209}$$

$$Q^* = \sqrt{86.8421}$$

$$Q^* = \underline{\underline{9}}$$

2016

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 605 * 16}{219}$$

$$Q^* = \sqrt{88.4018}$$

$$Q^* = \underline{\underline{9}}$$

Número de pedidos

2015

$$Q \text{ Por año} = \frac{15}{9}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2016

$$Q \text{ por año} = \frac{16}{9}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2016

$$Co = \frac{605 * 15}{9}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 974}}$$

2015

$$Co = \frac{605 * 16}{9}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 1,030}}$$

Costo total

2015

$$CT(Q) = (605) * (15/9) + (4,345) * (15) + (9/2) * 209$$

$$CT(Q) = 974 + 65,175 + 974$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 67,123}}$$

2016

$$CT(Q) = (605) * (16/9) + (4,780) * (16) + (9/2) * 219$$

$$CT(Q) = 1,030 + 76,480 + 1,030$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 78,539}}$$

Punto de reorden

2015

2016

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{9}{15}$$

$$T = \frac{9}{16}$$

$$T = 0.62 \text{ De año}$$

$$T = 0.59 \text{ De año}$$

$$T = 32 \text{ Semanas}$$

$$T = 31 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 15 * \frac{3}{52}$$

$$R = 16 * \frac{3}{52}$$

$$R = \underline{\underline{1}}$$

$$R = \underline{\underline{1}}$$

CARDIOPLEGIA SANGUINEA

AÑO	C_o	D	Ch	P_c	L
2015	Q10,805	351	Q 209	Q 3,920	16
2016	Q10,805	368	Q 219	Q 4,312	Semanas

CANTIDAD OPTIMA

2015

2016

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,805 * 351}{209}$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2} * 10,805 * 368}{219}$$

$$Q^* = \sqrt{36,292.39}$$

$$Q^* = \sqrt{36,312.69}$$

$$Q^* = \underline{\underline{191}}$$

$$Q^* = \underline{\underline{191}}$$

Número de pedidos

2015

$$Q \text{ Por año} = \frac{351}{191}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2016

$$Q \text{ por año} = \frac{368}{191}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2015

$$Co = \frac{10,805 * 351}{191}$$

$$Co = \underline{Q \quad 19,908}$$

2016

$$Co = \frac{10,805 * 368}{191}$$

$$Co = \underline{Q \quad 20,866}$$

Costo total

2015

$$CT(Q) = (10,805) * (351/191) + (3,920) * (351) + (191/2) * 209$$

$$CT(Q) = 19,908 + 1,375,920 + 19,908$$

$$CT(Q) = \underline{Q \quad 1,415,736}$$

2016

$$CT(Q) = (10,805) * (368/191) + (4,312) * (368) + (191/2) * 219$$

$$CT(Q) = 20,866 + 1,586,816 + 20,866$$

$$CT(Q) = \underline{Q \quad 1,628,548}$$

Punto de reorden

2015

2016

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{191}{351}$$

$$T = 0.54 \text{ De año}$$

$$T = 28 \text{ Semanas}$$

$$T = \frac{191}{368}$$

$$T = 0.52 \text{ De año}$$

$$T = 27 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 351 \cdot \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{108}}$$

$$R = 368 \cdot \frac{16}{52}$$

$$R = \underline{\underline{113}}$$

CONOS

AÑO	C_o	D	Ch	Pc	L
2015	Q 5,395	175	Q 209	Q 4,800	12
2016	Q 5,395	182	Q 219	Q 5,280	Semanas

CANTIDAD ÓPTIMA

2015

2016

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 \cdot 5,395 \cdot 175}}{209}$$

$$Q^* = \sqrt{9,034.69}$$

$$Q^* = \underline{\underline{95}}$$

$$Q^* = \frac{\sqrt{2 \cdot 5,395 \cdot 182}}{219}$$

$$Q^* = \sqrt{8,967.03}$$

$$Q^* = \underline{\underline{95}}$$

Número de pedidos

2015

$$Q \text{ Por año} = \frac{175}{95}$$

$$Q \text{ Por año} = 2$$

2016

$$Q \text{ por año} = \frac{182}{95}$$

$$Q \text{ por año} = 2$$

Costo de ordenar

2015

$$Co = \frac{5,395 * 175}{95}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 9,933}}$$

2016

$$Co = \frac{5,395 * 182}{95}$$

$$Co = \underline{\underline{Q \quad 10,369}}$$

Costo total

2015

$$CT(Q) = (5,395) * (175/95) + (4,800) * (175) + (95/2) * 209$$

$$CT(Q) = 9,933 + 840,000 + 9,933$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 859,866}}$$

2016

$$CT(Q) = (5,395) * (182/95) + (5,280) * (182) + (95/2) * 219$$

$$CT(Q) = 10,369 + 960,960 + 10,369$$

$$CT(Q) = \underline{\underline{Q \quad 981,698}}$$

Punto de reorden

2015

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$T = \frac{95}{175}$$

$$T = 0.54 \text{ De año}$$

$$T = 28 \text{ Semanas}$$

$$R = D \cdot L$$

$$R = 175 * \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{40}}$$

2016

$$T = \frac{95}{182}$$

$$T = 0.52 \text{ De año}$$

$$T = 27 \text{ Semanas}$$

$$R = 182 * \frac{12}{52}$$

$$R = \underline{\underline{42}}$$

ÍNDICE DE TABLAS

No.	TÍTULO	Página
1	Modalidades de compra por monto	26
2	Integración del material médico quirúrgico de perfusión	41
3	Cálculo del costo de ordenar	45
4	Cálculo del costo de las órdenes realizadas	46
5	Valuación de compras	47
6	Costo de capital	49
7	Cálculo del costo de almacenaje	49
8	Cálculo del costo total de mantenimiento	50
9	Costo de mantenimiento	51
10	Costo total del manejo de inventarios	52
11	Costo de quirófano por día	53
12	Costo de escasez	53
13	Costo total de manejo de inventarios más costo de escasez	54

14	Validación de supuestos para la aplicación del modelo EOQ	60
15	Consumo comparativo de los materiales de perfusión	61
16	Valoración de las unidades consumidas	63
17	Valoración de las unidades consumidas	63
18	Variables para el cálculo de la cantidad optima de pedido	65
19	Cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden	70
20	Costo total de inventarios 2014	70
21	Cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden	71
22	Costo total de inventarios 2013	71
23	Análisis comparativo de resultados 2014	72
24	Análisis comparativo de resultados 2013	72
25	Determinación del ahorro aplicando el modelo determinístico	25
26	Proyección de cirugías para 2015 y 2016	74

27	Proyección de insumos para perfusión	75
28	Proyección de cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden	75
29	Proyección de cantidad económica de pedido, número de pedidos y punto de reorden	76
30	Proyección del costo total de inventarios 2015	76
31	Proyección del costo total de inventarios 2016	77

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	TÍTULO	Página
1	Modelo de lote económico	18
2	Modelo EOQ	22
3	Recurrencia en la emisión de pedidos	39
4	Inversión en inventarios	40
5	Cirugías realizadas	62
6	Punto de Reorden	69