

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE
MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS TIPO A DE UN HOSPITAL
NIVEL 2 DE LA CIUDAD DE PALMIRA EN EL ÁREA DE FARMACIA.**

**ALEJANDRA LOZADA CORREA
CAROLINA HERNÁNDEZ MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PALMIRA
2019**

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE
MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS TIPO A DE UN HOSPITAL
NIVEL 2 DE LA CIUDAD DE PALMIRA EN EL ÁREA DE FARMACIA.**

ALEJANDRA LOZADA CORREA	1353776
CAROLINA HERNÁNDEZ MUÑOZ	1353730

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniería Industrial

Director:
Ing. Raúl Antonio Díaz Pacheco MSc.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PALMIRA
2019**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Palmira 28 de marzo de 2019

Agradecimientos

A nuestro director de trabajo de grado el ingeniero Raúl Antonio Díaz Pacheco MSc por brindarnos su conocimiento apoyo y tiempo durante todo el proceso.

Al hospital Raúl Orejuela Bueno por permitirnos entrar en sus instalaciones y brindarnos la información necesaria para realizar este trabajo de grado.

A John Bayron Orjuela Bsc. en física por brindarnos su tiempo para hacer la lectura del trabajo y hacer aportes referentes a la redacción y presentación del documento.

Y a todos aquellos que contribuyeron de alguna manera en la elaboración de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO.....	11
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	19
2. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS.....	20
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
4. ANTECEDENTES.....	22
4.1 ESTADO DEL ARTE.....	22
5. METODOLOGÍA	26
6. MARCO TEORICO	28
6.1 GERENCIA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	28
6.2 LOGISTICA	28
6.3 LOGISTICA HOSPITALARIA.....	29
6.4 CLASIFICACION ABC.....	30
6.5 PROCESO ANALITICO JERARQUICO (AHP)	31
6.6 PRONÓSTICOS	33
6.6.1 Indicadores de eficiencia de los pronósticos	34
6.6.2 Pronósticos de series de tiempo	35
6.7 INVENTARIOS	39
6.7.1 Control de inventarios.....	39
6.7.2 Sistemas de control de inventarios	41
6.8 INDICADORES KPI	43
7. GESTIÓN DE INVENTARIO ACTUAL.....	45
7.1 DIAGNÓSTICO.....	45

7.2	COSTOS DE LA GESTIÓN	53
7.2.1	Costo de ordenar o pedir	53
7.2.2	Costo de mantener	54
8.	CLASIFICACIÓN Y SISTEMA DE PRONOSTICOS	56
8.1	PROCESO ANALITICO JERARQUICO DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN. 56	
8.2	CLASIFICACION ABC MULTICRITERIO DE LOS MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS	59
8.3	SELECCIÓN DE MEDICAMENTOS Y DISPOSITOVOS MÉDICOS CLASE A ..	62
8.4	ESTUDIO DE LA DEMANDA.....	63
8.5	SISTEMAS DE PRONÓSTICOS.....	65
9.	SISTEMAS DE GESTIÓN DE INVENTARIO	72
10.	EVALUACIÓN DE POLÍTICA DE CONTROL PROPUESTA.....	79
10.1	EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA PROPUESTA.....	79
10.2	IMPACTO ADMINISTRATIVO	90
10.3	INDICADORES KPI	92
11.	CONCLUSIONES.....	96
12.	RECOMENDACIONES	98
	BIBLIOGRAFÍA	99
	ANEXOS	102

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Solicitud de compra realizada por farmacia vs consumo promedio mensual.....	18
Tabla 2. Analogía entre problemas del sector industrial y los de logística hospitalaria.	29
Tabla 3. Escala de preferencia de Saaty.....	31
Tabla 4. Índice de consistencia aleatoria.....	32
Tabla 5. Relación del pronóstico con el patrón de la demanda.	36
Tabla 6. Hallazgos del diagnóstico actual.	48
Tabla 7. Resultados numéricos de la depuración de datos.	50
Tabla 8: Costo por vencimientos de medicamentos en el servicio farmacéutico... 51	51
Tabla 9. Resultados de las devoluciones de medicamentos y dispositivos médicos del primer trimestre de 2018.....	53
Tabla 10: Costo de pedir inventario en el servicio farmacéutico	54
Tabla 11: Tasa del costo de mantener el inventario en el servicio farmacéutico... 55	55
Tabla 12: Matriz final de comparación por pares de los criterios de selección.....	58
Tabla 13: Matriz normalizada, vector consistencia y prioridad de los criterios de selección.	58
Tabla 14: Vector prioridad de los criterios de selección.	59
Tabla 15: Indicadores de los criterios de selección.	59
Tabla 16: Criterios de selección de medicamentos y dispositivos médicos.....	60
Tabla 17: Listado de dispositivos médicos clase A comunes de las clasificaciones.	62

Tabla 18: Lista de medicamentos clase A comunes de las dos clasificaciones. ...	63
Tabla 19. Comportamiento de la demanda de los dispositivos médicos clase A. .	64
Tabla 20. Comportamiento de la demanda de los medicamentos clase A.	64
Tabla 21. Resultado del pronóstico de suavización exponencial simple para el catéter intravenoso No. 20	67
Tabla 22. Resultados del pronóstico de suavización exponencial simple para el buretrol150	69
Tabla 23. Resultado del pronóstico de suavización exponencial simple para el sistema de drenaje pleurovac.....	71
Tabla 24. Sistema de control (R,S) de dispositivos médicos clase A.	77
Tabla 25. Sistema de control (R, S) de medicamentos clase A.....	78
Tabla 26. Resultados de sistema de control (R,S) con P1 y P2 especificado para los dispositivos médicos para cada escenario.....	82
Tabla 27. Resultados de sistema de control (R,S) con P1 y P2 especificado para los medicamentos para cada escenario.	83
Tabla 28. Intervalos de revisión y compra para los ítems clase A.	91

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1 Metodología de solución.	27
Ilustración 2 Macro proceso de la gestión del inventario.	46
Ilustración 3 Mapa de proceso del servicio farmacéutico.	47
Ilustración 4: Promedio ponderado y normalización de los medicamentos analizados.	61
Ilustración 5: Promedio ponderado y normalización de los dispositivos médicos analizados.	61
Ilustración 6: Distribución de los medicamentos clase A por pronósticos.....	66
Ilustración 7: Distribución de los dispositivos médicos clase A por pronósticos. ...	66
Ilustración 8. Pronóstico de suavización exponencial simple para el catéter intravenoso No. 20.	68
Ilustración 9. Pronóstico de suavización exponencial simple para el buretrol150.	69
Ilustración 10. Pronóstico de suavización exponencial simple para el sistema de drenaje pleurovac.	71
Ilustración 11. Sistema de control de inventario (R, S) para la jeringa 1ml.	88
Ilustración 12. Sistema de control de inventario (R, S) para piperacilina tazobactam 50mg.	89

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Devoluciones I trimestre 2018 (Archivo electrónico PDF)	102
Anexo B. Clasificación y selección de ítems clase A (Archivo electrónico PDF)	102
Anexo C. Pronósticos ítems clase A (Archivo electrónico PDF).	102
Anexo D. Sistema de control (Archivo electrónico PDF).....	102
Anexo E. Evaluación del sistema de control (Archivo electrónico PDF).	102
Anexo F. Manual de procesos y procedimientos del servicio farmacéutico (Archivo electrónico PDF).....	102
Anexo G. Manual de funciones del servicio farmacéutico (Archivo electrónico PDF).....	102

GLOSARIO

CLASIFICACIÓN VEN: es una clasificación basada en la importancia o criticidad del medicamento para la salud del paciente, los medicamentos se categorizan dentro de tres grupos: vitales, esenciales y no esenciales.

Los primeros son medicamentos indispensables que deben estar disponibles en todo momento y en cantidades suficientes, su carencia puede causar graves consecuencias ya que compromete la vida del paciente; los esenciales son medicamentos donde la gravedad de la patología es menor, para tratar enfermedades frecuentes y los no esenciales, son medicamentos que en su ausencia no origina agravamiento en la salud ni la cronicidad de la enfermedad, es decir, la persistencia de una dolencia por un tiempo prolongado.

DISPENSACIÓN: es la entrega de uno o más medicamentos a un paciente y la información sobre su uso adecuado, realizada por un Químico Farmacéutico, Tecnólogo en Regencia de Farmacia, Director de Droguería, Farmacéutico Licenciado, Expendedor de Drogas y Auxiliar en Servicios Farmacéuticos, en los términos establecidos en el numeral 6º del artículo 19 y artículo 3º del Decreto 2200 de 2005 modificado por el Decreto 2330 de 2006, o las normas que los modifiquen, adicionen o sustituyan. (Resolución 1403 de 2007).

DISPOSITIVO MÉDICO: de acuerdo al INVIMA son cualquier instrumento, aparato, máquina, software, equipo biomédico u otro artículo similar o relacionado, utilizado solo o en combinación, incluyendo sus componentes, partes, accesorios y programas informáticos que intervengan en su correcta aplicación, destinado por el fabricante para el uso en seres humanos en los siguientes casos:

- Diagnóstico, prevención, supervisión o alivio de una enfermedad (por ejemplo, un ecocardiógrafo, endoscopio, laringoscopio, etc.).
- Diagnóstico, prevención, supervisión, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia (Por ejemplo, un desfibrilador, espéculo, suturas, laparoscopio, etc.).
- Investigación, sustitución, modificación o soporte de la estructura anatómica o de un proceso fisiológico (Por ejemplo, marcapasos, válvulas cardíacas, Prótesis de Cadera, etc.). Diagnóstico del embarazo y control de la concepción (Por ejemplo, los preservativos).
- Cuidado durante el embarazo, nacimiento o después del mismo, incluyendo el cuidado del recién nacido (Por ejemplo, fórceps, incubadoras pediátricas, ecógrafos, etc.).

- Productos para la desinfección y/o esterilización de dispositivos médicos (por ejemplo, desinfectantes)

EVENTO ADVERSO: es cualquier suceso médico desafortunado que puede presentarse durante un tratamiento con un medicamento, pero que no tiene necesariamente relación causal con este.

MEDICAMENTO: es aquel preparado farmacéutico obtenido a partir de principios activos, con o sin sustancias auxiliares, presentado bajo forma farmacéutica que se utiliza para la prevención, alivio, diagnóstico, tratamiento, curación o rehabilitación de la enfermedad. Los envases, rótulos, etiquetas y empaques hacen parte integral del medicamento, por cuanto éstos garantizan su calidad, estabilidad y uso adecuado.

MEDICAMENTO CONTROLADO (sometido a fiscalización): es el preparado farmacéutico obtenido a partir de uno o más principios activos de control especial, catalogados como tal en las convenciones de estupefacientes (1961), precursores (1988) y psicotrópicos (1971), o por el Gobierno Nacional, con o sin sustancias auxiliares presentado bajo forma farmacéutica definida, que se utiliza para la prevención, diagnóstico, tratamiento, curación o rehabilitación de las enfermedades de los seres vivos.

NIVEL 2: de acuerdo a la resolución 5261 de 1994 en el artículo 20 describe que las responsabilidades que debe asumir una institución de segundo nivel de complejidad a nivel de contratación de personal, debe contar con: médico general y/o paramédico con interconsulta, remisión y/o asesoría de personal o recursos especializados.

R-FAST: sistema informático diseñado para el manejo de la información del hospital Raúl Orejuela Bueno.

TRAZABILIDAD: capacidad para seguir la historia, la aplicación o localización de todo aquello que está en consideración en un medicamento, especialmente lo relacionado con el origen de los materiales, el proceso de elaboración y la localización del producto después de salir del sitio de elaboración.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en un hospital del estado nivel dos de la ciudad de Palmira, cuyo fin es presentar una propuesta de sistema de control de inventarios, que permita mantener disponibilidad de los medicamentos y dispositivos médicos clasificados como clase A. Para llevarlo a cabo, se hace uso de herramientas como la clasificación ABC – multicriterio con el fin de obtener los insumos más importantes manejados por el servicio farmacéutico, también se aplican pronósticos de inventario de suavización exponencial doble y simple y el método de Croston para los diferentes ítems, y luego, finalmente aplicar el sistema de control (R, S) , teniendo en cuenta factores como la probabilidad de abastecer el inventario sin tener faltantes en el ciclo de reposición y la proporción de cubrir la demanda con el inventario a la mano, obteniendo diferentes cantidades del inventario máximo que son analizados respecto a la demanda del 2018.

Palabras clave: Clasificación multicriterio, pronósticos, sistemas de control de inventario, medicamentos y dispositivos médicos del servicio farmacéutico.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a (Ozores, 2014) durante la última década del siglo XX y la primera del siglo XXI, el impacto de la integración de las cadenas de suministro ha sido ampliamente estudiado en distintas industrias. Un estudio realizado por la Community Score Card Consulting (CSC) arrojó que los costos de la gestión logística podrían reducirse hasta en un 48% al implementar mejores prácticas, prácticas que se han aplicado a sectores como el automovilístico e incluso al sector farmacéutico, debido a la creciente necesidad que han tenido de controlar sus pedidos, inventarios, transporte y almacenamiento, buscando crear un valor logístico, el cual permite posicionar estratégicamente el inventario para alcanzar la satisfacción del cliente al costo total más bajo (Bowersox, Closs, & Cooper, 2007).

Caso contrario que se ha dado en el sistema sanitario, específicamente en el hospitalario, donde se ha detectado que entre el 30% y 45% del presupuesto del hospital es gastado en actividades relacionadas con la logística (Ozores, 2014), gastos que se podrían reducir aproximadamente a la mitad, realizando una buena integración de la cadena de suministro. Teniendo en cuenta lo anterior, el tema analizado tendrá lugar en la llamada logística hospitalaria, la cual agrupa las actividades de compra, recepción, almacenamiento y distribución de los productos utilizados para los procesos internos del hospital, siendo más específicos, se tomará como zona de estudio el servicio farmacéutico que es de vital importancia para dar cumplimiento a las necesidades de los clientes quienes en este caso son los pacientes que requieren de los diferentes servicios del hospital que a su vez demandan medicamentos y dispositivos médicos dispensados por la farmacia.

Se debe tener en consideración que la demanda de los medicamentos y dispositivos médicos que dispensa farmacia no es constante debido a diversos factores como la frecuencia de las enfermedades y el protocolo de tratamiento, es por eso que se deben conocer los niveles de inventario adecuados para lograr un servicio satisfactorio, que permita realizar una dispensación oportuna a las áreas que abastece, con el fin de lograr el valor logístico, que se refiere a satisfacer los requisitos del cliente al menor costo posible, de acuerdo a esto se plantea realizar un diagnóstico y análisis del servicio farmacéutico de un hospital nivel II con el fin de generar políticas de inventario que permitan disminuir los desabastos, vencimientos y/o obsolescencias de los insumos más importantes que este servicio maneja.

Para realizar el análisis se inició con la recolección de datos de los movimientos o salidas que tuvieron cada uno de los ítems durante un periodo específico, seguido se selecciona los medicamentos y dispositivos médicos clasificados como A por medio de un método de clasificación multicriterio, una vez se obtienen los ítems tipo A se procedió a realizar un estudio del comportamiento de la demanda de cada uno para realizar la selección correcta del pronóstico y posteriormente se genera una política de control para cada uno.

Una vez se obtienen los resultados de los pronósticos se plantea un sistema de control periódico (R, S) que se evalúa de acuerdo a dos diferentes factores como lo son P_1 y P_2 , de los cuales se obtienen diferentes niveles máximos de inventario que son valorados respecto a la demanda real presentada en el primer periodo de revisión del 2018, de donde se pueden analizar los movimientos del inventario de acuerdo a las condiciones del sistema de control. Finalmente se presenta un análisis de los resultados obtenidos y de las implicaciones que tiene en el área de compras y en la base documental existente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

A continuación, se hace una descripción del marco general del manejo realizado de los inventarios por el área de farmacia y de los datos entregados por la entidad, datos que son proporcionados de forma limitada para el estudio, y que no permiten realizar indicadores útiles para evidenciar el problema de forma explícita, en su lugar se muestran cifras de vencidos, cifras de pedidos que se encuentran por encima y por debajo de los consumos promedios, que muestran de una manera sutil la existencia de diversos problemas asociados al manejo del inventario de esta área del hospital.

El hospital Raúl Orejuela Bueno es una empresa social del estado de nivel dos ubicada en la carrera 29 # 39 – 51 en la ciudad de Palmira, esta institución presta atención de consulta externa y urgencias, actualmente a esta última área ingresan entre 350 y 400 personas a diario en promedio, cantidad que refleja la disponibilidad de medicamentos y dispositivos que debe tener la institución para dar una atención oportuna a cada uno de los usuarios.

Para satisfacer las necesidades de las personas que requieren del servicio de urgencias y de aquellas que son remitidas desde consulta externa, se cuenta con el personal médico, administrativo y con la farmacia que es la encargada de dispensar los medicamentos y dispositivos médicos solicitados por el personal médico.

Como se mencionó, actualmente el servicio farmacéutico es el encargado de dispensar los medicamentos y dispositivos médicos a diferentes áreas y estaciones del hospital. Las áreas son cirugía, pediatría, ginecología, hospitalización y urgencias, y las estaciones son los carros de paro que se encuentran en las áreas mencionadas, de los cuales solo se hace uso en caso de una emergencia.

Debido a la gran afluencia que se presenta en la entidad, es de vital importancia tener los implementos necesarios y suficientes para prestar un servicio eficaz al público que ingresa a la entidad, pero en la actualidad el hospital Raúl Orejuela Bueno (HROB) no cuenta con un sistema de gestión de inventarios que le permita a la institución de salud realizar una adecuada gestión y planeación de los requerimientos necesarios de medicamentos y dispositivos médicos para atender la

demanda, de acuerdo a lo expresado por diferentes personas que trabajan en la entidad y que están relacionadas directamente con el área de farmacia.

Actualmente la planeación de los medicamentos y dispositivos médicos se realiza de acuerdo a la experiencia y habilidad de los encargados, que en este caso son el jefe del almacén general y el jefe de compras del hospital con colaboración de la regente de farmacia, quienes se apoyan en las salidas de los medicamentos y dispositivos médicos que son registrados al momento en que se liquida la salida a un paciente. Para realizar el pedido, que suplirá la demanda de un trimestre, las personas mencionadas recopilan la información de los tres trimestres anteriores y realizan un promedio simple, actividad que se lleva a cabo finalizando cada trimestre. Sin embargo, durante las visitas se pudo evidenciar que reiteradamente se presenta una situación de desabastecimiento de ciertos medicamentos y dispositivos médicos, lo cual trae como consecuencia una inadecuada atención del paciente y un aumento en los costos debido a posibles complicaciones de salud, trayendo como consecuencia un incremento de la estancia del usuario en las instalaciones del hospital como lo menciona la regente de farmacia y el coordinador de segundo nivel.

También se presentan pérdidas por vencimiento u obsolescencia, situación que ocurre con mayor frecuencia en medicamentos que en dispositivos médicos, por ejemplo entre junio y diciembre de 2017 se registran 43 medicamentos vencidos y ningún dispositivo médico, lo cual tiene efectos en términos de costos. Los casos de vencimiento se dan por baja rotación de ítems que fueron comprados en altas cantidades; por ejemplo, se encuentran próximos a vencer 100 unidades de sevoflurano que ya no serán usados por cambio de tecnología. También hay vencimientos por el inadecuado manejo de las fechas de vencimiento o política de salida. El monto de medicamentos vencidos para el segundo semestre del año 2017 es de 4.405.410 pesos.

De acuerdo a un análisis realizado por el personal del hospital, basado en el pedido que realiza la farmacia de forma trimestral, siendo el pedido mensual un tercio del pedido trimestral, y usando como punto de referencia el consumo promedio mensual (CPM), registrado en el último trimestre del 2017, se evidencian anomalías entre el CPM y pedido mensual para algunos medicamentos, como se muestra en la tabla 1. Tomando como ejemplo la ranitidina 50 mg, se observa que se hace un pedido de 5000 unidades para cubrir las necesidades del trimestre, pero los datos de consumo registrados muestran que se requirieron 4002 unidades por mes en promedio, lo que indica que se hizo una solicitud de compra por una cantidad mucho

menor de la requerida realmente por este medicamento. Otros medicamentos como el tramadol y el losartan presentan una situación similar, también se evidencia que se hacen solicitudes de compra con cantidades elevadas, entre estas se encuentran la buscapina compuesta, ampicilina sulbactam, morfinax y la ciprofloxacina, la información descrita se encuentra en la tabla 1, la cual fue entregada por la misma entidad.

Tabla 1. Solicitud de compra realizada por farmacia vs consumo promedio mensual.

INSUMO (MEDICAMENTOS)	CPM	CPV	STOK Mx	STOK Mn	STOK Alerta	PEDIDO FARMACIA TRIMESTRAL	MENSUAL
TRAMADOL x 50	1.206	41	844	281	563	2.000	667
LOSARTAN x 50 mg	1.560	52	1.091	364	728	1.600	533
BUSCAPINA COMPUESTA	1.089	36	762	251	508	9.000	3.000
CIPROFLOXACINA X 100mg	361	12	252	84	168	1.800	600
CLORURO DE SODIO (Na)	1.580	53	1.106	369	737	2.500	834
RANITIDINA X 50mg	4.002	133	2.801	934	1.867	5.000	1.667
OXITOCINA X 10 unid	130	4	90	30	60	300	100
OMEPRAZOL amp x 40 mg	749	25	524	175	350	1.600	534
MORFINAX 10mg/1ml	25	1	17	6	12	220	73
AMPICI SULBACTAM X1.5	728	24	51	170	340	8.000	2.667

Fuente: Hospital Raúl Orejuela Bueno

Algunos de los detalles mencionados son relatados por el personal del servicio farmacéutico; los otros fueron evidenciados en las diferentes visitas que se realizaron al hospital y del análisis de los datos suministrados por la regente de farmacia. Sin embargo, no toda la información relevante proveniente del área de farmacia es registrada, por ejemplo, no existe un registro sobre la demanda perdida lo cual genera confusiones en el estudio de los datos para determinar las cantidades a pedir. Este tipo de circunstancias impiden realizar una medición de indicadores que reflejen su impacto y así poder ejercer control. No obstante, como se explicó en el párrafo anterior, y en base a los datos en la tabla 1, no se puede negar la existencia de problemas relacionados al manejo del inventario por parte de esta sección de la entidad.

De la situación anterior hay que resaltar que cuando se presentan desabastos de medicamentos y/o dispositivos médicos que son de vital importancia para la atención de un paciente, la regente de farmacia está en la facultad de hacer pedidos directos al proveedor causando incremento en los costos y demoras en los registros

que se deben llevar a cabo para darle ingreso a los medicamentos al sistema de información R-FAST que es el que maneja la entidad.

Proponer una política de inventarios puede resolver estos problemas ya que se muestra un conjunto de herramientas utilizadas en el análisis de inventarios en logística hospitalaria, lo cual ofrece una base conceptual y práctica que permite establecer criterios para la toma de decisiones respecto al manejo interno del servicio farmacéutico.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

De acuerdo con la situación anterior se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cómo mejorar la predicción de la cantidad de medicamentos y dispositivos médicos tipo A, a pedir en el servicio farmacéutico del hospital Raúl Orejuela Bueno de la ciudad de Palmira con el objetivo de brindar un servicio eficiente al paciente?

2. JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIOS

En trabajos de (Cruz, Aguirre, Amaya, & Velasco, 2008) y (Hernández, Paula; Velasco, Nubia; Amaya, Ciro, 2008), se muestra en los diagnósticos que uno de los inconvenientes que se presentan en las instituciones donde se realizaron los estudios, es el escenario donde hay presencia constante de faltantes y sobrantes de insumos en el área, y como respuesta a estos inconvenientes y otros descritos que son particulares dentro de cada estudio, al igual que en trabajos de (Labuhn, Almeter, McLaughlin, & Turner, 2017) y (Jurado, y otros, 2016), se propone una correcta programación de pedidos (cantidades y tiempo) que permitan mejorar la calidad del servicio, evitar incurrir en faltantes o sobrantes que generen aumento en los costos o que puedan afectar la integridad del paciente o la imagen de la institución.

Si bien es cierto que los inventarios generan costos para las organizaciones, su buena gestión trae como resultado la disponibilidad de los insumos requeridos, facilitando la continuidad de los servicios ofrecidos. En este caso, que se habla de una institución de salud, el criterio costo, aunque es un factor importante no es el más pertinente para basar los requerimientos de medicamentos y dispositivos médicos. En este sector un faltante puede afectar negativamente una vida humana, es por esto que para estas instituciones algunos factores determinantes son: el nivel de servicio que se quiere ofrecer, la disponibilidad del espacio físico para almacenar, la criticidad de los medicamentos o su posible sustitución, entre otros. Es por esto que el manejo de inventarios es una parte fundamental, ya que se debe tener una disponibilidad permanente de todo tipo de insumos para dar continuidad a los servicios y a los tratamientos de los pacientes.

Actualmente se ha evidenciado que en que el servicio farmacéutico se presenta una inadecuada gestión del inventario de medicamentos y dispositivos médicos, trayendo algunas consecuencias como: faltantes de insumos básicos y especializados, desconocimiento de las cantidades reales en sistema, incongruencia entre los procedimientos operacionales estandarizados y la forma en cómo se realizan las actividades, por mencionar algunas. Por esto y otras razones se debe realizar un análisis de la gestión del manejo de inventarios, no solo generando un sistema de control para los medicamentos y dispositivos médicos más representativos, sino también para realizar recomendaciones que favorecerían el manejo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta de mejora de gestión de inventarios de medicamentos y dispositivos médicos tipo A de un hospital nivel 2 de la ciudad de Palmira en el área de farmacia.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Diagnosticar la gestión de inventarios actual en el área de farmacia.
- ✓ Generar políticas de inventarios para medicamentos y dispositivos médicos tipo A para el área de farmacia.
- ✓ Evaluar la política de inventario propuesta respecto a la demanda en un periodo de tiempo determinado.

4. ANTECEDENTES

4.1 ESTADO DEL ARTE

En la literatura se ha encontrado, que para clasificar los insumos médicos de forma rigurosa, se utilizan diversas combinaciones de técnicas de clasificación, como lo es la combinación del proceso analítico jerárquico (AHP) junto con la clasificación ABC o la clasificación VEN (o VED) en conjunto con la clasificación ABC. La primera técnica mencionada es trabajada por (Partovi & Burton, 1993) en su trabajo *Using the analytic hierarchy process for ABC analysis*, en donde se propone un modelo multicriterio para la clasificación del inventario, en el cual hacen uso de la información de una compañía farmacéutica, con el fin de analizar la efectividad del modelo. Como resultados obtuvieron un incremento marginal del costo de pedido y una reducción sustancial de la inversión promedio en el inventario.

La otra técnica utilizada se basa en un cruce entre los resultados de la clasificación ABC y la clasificación VEN, donde se agrupan los ítems en vitales, esenciales y no vitales o también llamados deseables. Esta propuesta se desarrolla en el trabajo de (Devnani, AK, & R, 2010), específicamente se trata de clasificar los ítems en tres categorías, donde la primera está compuesta por los ítems que al reagruparse quedan como AV, AE, AD, BV y CV. La segunda categoría la conforman los ítems BE, CE y BD, y la última categoría es la combinación sobrante CD.

Por otra parte, (Diaz, Acosta, & Bravo, 2015) en su trabajo *Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas*, analizan medicamentos con el fin de identificar los ítems críticos. Después de una clasificación previa, aplicaron a los 188 medicamentos seleccionados, tanto la clasificación ABC tradicional como las técnicas de clasificación ABC multicriterio propuestas por autores como Flores, Wan Lung, Partovi y Burton, con base en criterios como: costo unitario, consumo, precio de compra, precio de venta, rentabilidad y criticidad.

Por otro lado (Beaulieu & Landry, 2002) mencionan que la logística hospitalaria es el conjunto de actividades necesarias para definir, planear y ejecutar la adquisición y administración de los insumos, y el re-aprovisionamiento de bienes y servicios necesarios para la prestación de los servicios de atención médica a los pacientes. Si bien pueden pasar desapercibidas, estas actividades son de vital importancia para garantizar una atención médica de calidad.

En el territorio colombino el grupo de investigación de producción y logística de la universidad de los Andes PYLO, se ha dedicado a aplicar los métodos conocidos de inventarios y en otros temas en el sector salud, incursionando y fortaleciendo la aplicación de la logística hospitalaria. Algunos de los trabajos realizados por este grupo se mencionan a continuación:

(Hernández, Paula; Velasco, Nubia; Amaya, Ciro, 2008) en su modelo de coordinación de inventarios en la cadena de abastecimiento de medicamentos de un hospital público, busca minimizar los costos promedio de ordenar y mantener en un sistema de inventario multinivel que está compuesto por M proveedores, 1 bodega y N farmacias, en el cual se desarrollan dos escenarios, uno donde se maneja un único proveedor y otro donde hay múltiples proveedores, para llegar a los resultados obtenidos fue necesario aplicar heurísticas de búsqueda local para lograr la coordinación de los distintos niveles de la cadena.

(Velasco, Amaya, Guerrero, & Jiménez, 2007) presentan una breve revisión bibliográfica sobre los problemas de logística que son comunes en los hospitales, y las herramientas de optimización de recursos que han sido empleadas para generar mejoras significativas en cada uno de ellos. Al final, se presentan diferencias entre las consideraciones o divergencias que se pueden presentar entre una empresa manufacturera y una de servicio hospitalario. Para el segundo tipo de establecimiento se muestra que las políticas establecidas se centran en disminuir el número de faltantes, sin dejar de lado el costo total, dando más peso a restricciones de otro tipo como espacio, fecha de vencimiento, tiempos de espera y presupuesto. Concluyen que los modelos tradicionales se deben ajustar para ofrecer soluciones de acuerdo al contexto.

(Cruz, Aguirre, Amaya, & Velasco, 2008) en *Estudio analítico para el control de inventarios de la farmacia de urgencias de una clínica de la ciudad*, busca mejorar el nivel de servicio de la farmacia de urgencias a través del manejo de inventarios, teniendo en cuenta restricciones del espacio de almacenamiento. Para su solución se aplicaron dos sistemas de control de acuerdo al nivel de rotación, lo que permitió mejorar la eficiencia del servicio y del espacio.

Se han realizado otros trabajos sobre logística hospitalaria en el país. En la ciudad de Barranquilla, un estudio analiza la aplicación de la logística hospitalaria en entidades de salud nivel 3 y 4 de la ciudad y otro presenta un caso de estudio específico. El primer trabajo es desarrollado por (Figueroa, Aguirre, Wilches, &

Romero, 2016) en el que se hace un análisis de las áreas en las que se aplica logística para el manejo de recursos en este sector, encontrándose que el manejo y control de inventarios es el área más débil de las analizadas, pero es en donde se tiene mayor aplicación. El segundo estudio (Aguirre, Ardila, Figueroa, & Romero, 2015) brinda una solución a los problemas derivados del control de inventarios de un hospital, en donde las herramientas sugeridas están contextualizadas en las necesidades específicas y en los recursos disponibles para la gestión de inventarios en la organización. En el análisis se parametriza y evalúa una política tradicional de inventario (s, Q) para minimizar el nivel de agotados y días de inventario, permitiendo la disminución de los costos asociados al exceso de inventario y el manejo ineficiente. La aplicación de esta política se realiza debido a su practicidad de acuerdo a lo mencionado por los autores.

Otro estudio realizado (Labuhn, Almeter, McLaughlin, & Turner, 2017), muestra cómo mejorar el control de los costos de inventario de la farmacia central, a través de un proyecto de mejoramiento de la cadena de suministro. Este tiene dos componentes principales, el primero es mejorar el sistema informático que maneja la información relacionada con el servicio farmacéutico, específicamente la reposición del inventario, donde se obtuvo mejoras en el uso de medicamentos. La segunda parte se basa en rediseñar un algoritmo para obtener las cantidades necesarias en el inventario, evitando los agotados.

En el trabajo de (Nicholson, Vakharia, & Erenguc, 2004) se compara el sistema de distribución interna de tres escalones que maneja el centro médico respecto a una red subcontratada de dos escalones, abordando en este estudio el problema de la administración de los costos del inventario y su relación con el nivel de servicio. Para realizarlo se plantean dos escenarios, el primero se basa en evaluar los ahorros de los costos asociados a el cambio de escalón en las dos redes, y el segundo tiene en cuenta el nivel de servicio ofrecido por cada departamento. Estos análisis se realizan por medio de heurísticas.

(Jurado, y otros, 2016) utilizan un modelo de control predictivo con restricciones de oportunidad. Lo que busca el modelo es reemplazar restricciones duras por probabilísticas, haciendo que el problema sea de optimización estocástica, el estudio se realiza en dos hospitales de España para administrar los pedidos de dos medicamentos de alto costo. Como resultado de la aplicación se obtiene una disminución del stock promedio cumpliendo satisfactoriamente con la demanda del medicamento.

(Maestre, Fernández, & Jurado, 2018) buscan mejorar la gestión del inventario del departamento de farmacia de un hospital de tamaño medio de España, por medio de un modelo de control predictivo que se basa en minimizar los niveles de stock, los costos de ordenar y el número de órdenes a realizar. El modelo se evalúa con diez medicamentos durante cuatro meses, obteniendo como resultado mejoras respecto al método utilizado por el hospital, el cual se basa en realizar las ordenes de acuerdo a un punto de re-orden y a otras condiciones del entorno que son subjetivas, como ofertas, días feriados, pacientes hospitalizados que requieren de cierto medicamento. Los resultados obtenidos muestran que se reducen los niveles de stock promedio y se disminuye la carga de trabajo del personal del departamento.

En el trabajo de (Athayakumar & Priyan, 2013) se presenta un modelo de inventarios que integra la revisión continua con la producción y distribución de una cadena de suministro hospitalaria. El modelo considera diferentes productos y tiene en cuenta tiempos de entrega, tiempos máximos de pago, disponibilidad de espacio, el nivel de servicio al cliente y la disminución del costo total del inventario. Para lograr integrar todas las consideraciones mencionadas, los autores proponen un algoritmo basado en multiplicadores de Lagrange con el objetivo de encontrar el tamaño óptimo del lote, el tiempo de entrega y el número total de entregas.

5. METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento al objetivo general, se proponen las siguientes actividades de acuerdo a los objetivos específicos planteados.

Diagnosticar la gestión actual de inventarios en el área de farmacia.

Para diagnosticar la gestión actual de inventarios se debe realizar la recolección de datos, que corresponde a los medicamentos y dispositivos médicos que son cargados y liquidados en la cuenta del paciente por medio del sistema R-FAST durante su atención, también se establecerá el costo de pedir y mantener del área de farmacia.

Se evaluarán los procedimientos de la gestión administrativa a través de los diagramas de proceso que rigen el área de farmacia con el fin de realizar la verificación del cumplimiento del reglamento establecido por parte de la institución buscando el buen funcionamiento. Para esto se tendrá en cuenta el proceso de adquisición el cual corresponde a los procedimientos que realiza el almacén general para suplir a la farmacia, la dispensación que es la actividad que debe realizar el servicio farmacéutico con el propósito de dar salida a los medicamentos y dispositivos médicos a las diferentes áreas que abastece con el objeto de brindar el servicio, como también el proceso de recepción y almacenamiento de todos los insumos médicos de acuerdo a las buenas prácticas de almacenamiento en el servicio farmacéutico.

Generar políticas de inventarios de medicamentos y dispositivos médicos tipo A para el área de farmacia.

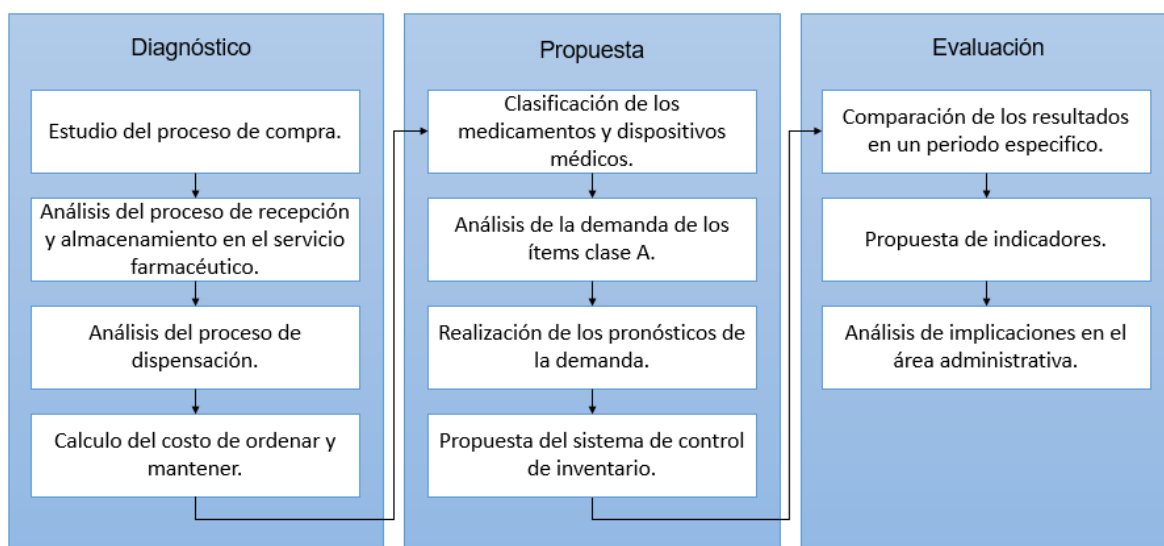
Para realizar este objetivo, primero se hará una revisión de la literatura sobre los sistemas de clasificación de inventarios, de los encontrados se seleccionarán los métodos más apropiados para clasificar los medicamentos y dispositivos médicos. Una vez se seleccione el método de clasificación se procederá a implementarlo en el caso de estudio para obtener los ítems clase A que serán analizados. Posteriormente se realizará el análisis de la demanda de cada uno de ellos y a partir de esto se utilizarán los pronósticos más apropiados para generar las políticas de inventario.

Evaluar la política de inventario propuesta respecto a la demanda en un periodo de tiempo determinado.

Para el cumplimiento de este objetivo se evaluarán las políticas propuestas para los medicamentos y dispositivos médicos clase A, a través de la comparación de los resultados cuantitativos que se obtendrán a partir de la política de inventario sugerida versus los datos almacenados de la demanda de insumos que maneja la entidad en un periodo establecido, también se proponen indicadores que ayudarían a medir la gestión en el servicio farmacéutico, pero no se tendrán en cuenta para medir la política propuesta. Finalmente se evaluarán las implicaciones que tiene la gestión administrativa en el proceso de abastecimiento del servicio farmacéutico ya que se debe lograr la integración de las partes para conseguir el mejoramiento de la gestión de inventarios en esta área.

En la ilustración 1 se encuentra de manera general los pasos que se llevaran a cabo para el cumplimiento de los objetivos.

Ilustración 1 Metodología de solución.



Fuente: elaboración propia.

6. MARCO TEORICO

6.1 GERENCIA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Según el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, 2017)

“La gerencia de la cadena de suministro abarca la planificación y la administración de todas las actividades involucradas en el financiamiento y en las adquisiciones... y todas las actividades de administración logística. En gran medida, incluye también la coordinación y la colaboración con los socios del sistema; éstos pueden ser proveedores, intermediarios, proveedores y clientes. En esencia, la gerencia de la cadena de suministro integra la gerencia de la oferta y la demanda dentro y a través de las compañías.”

En resumen, la gerencia de la cadena de suministro busca un posicionamiento estratégico a través de decisiones estratégicas, lo que se realiza teniendo una relación eficiente y eficaz entre las áreas funcionales de la empresa, los socios comerciales y los clientes.

6.2 LOGISTICA

Según (Council of Supply Chain Management Professionals, 2013), la logística es la parte de la gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management, SCM) que planifica, implementa y controla el flujo eficiente y efectivo de materiales y el almacenamiento de productos, así como la información asociada desde el punto de origen hasta el de consumo, con el objeto de satisfacer las necesidades de los clientes.

En términos generales, la logística busca satisfacer los requerimientos que surgen en toda la cadena de abastecimiento en temas como la adquisición de todo el material e insumos que se requieren para el procesamiento, el trabajo que se requiere para transformar el material y entrega al cliente final, con el objetivo de un tener un costo más bajo, posicionando todo tipo de inventario de la cadena en el tiempo y lugar deseado.

6.3 LOGISTICA HOSPITALARIA

Los centros de salud, hospitales, clínicas y demás, son sistemas que interactúan con el exterior y que analizados de manera general consideran los mismos subsistemas de una empresa manufacturera que son el aprovisionamiento, la producción y la distribución. Vistos de una forma más puntual estos subsistemas en el sector salud, el aprovisionamiento se basa en la adquisición de bienes y servicios a partir del conocimiento de las necesidades y consumos reales de la entidad; la producción es la recepción de mercancías y almacenamiento adecuado y la distribución es el aprovisionamiento que se realiza a las diferentes áreas internas y/o externas para cumplir con las necesidades de consumo.

En términos generales (Ozores, 2014), la logística hospitalaria descrita en su libro como logística interna, “es aquella que agrupa la actividad de compra, recepción, almacenamiento y distribución de los productos utilizados para los procesos internos del hospital” (p.35).

Como se mencionó anteriormente, los subsistemas del sector industrial y del sector salud son similares, la gran diferencia se encuentra en el objetivo que se persigue y las restricciones que se deben tener en cuenta ya que están enfocadas en preservar de manera efectiva la vida humana. De igual manera algunos de los problemas del sector industrial se presentan en los centros hospitalarios como lo son los problemas de pronósticos, planeación agregada, inventarios y otros que se muestran en la tabla 2, problemas que pueden ser resueltos de las maneras tradicionales, teniendo en cuenta que requieren de un tratamiento especial ya que se tienen requerimientos diferentes a la minimización de los costos.

Tabla 2. Analogía entre problemas del sector industrial y los de logística hospitalaria.

Tipo de problema	Aplicación al sector salud	Especificaciones
Pronósticos	Demanda de servicios e insumos	
Planeación agregada	Planeación de los recursos	Determinación de las cantidades necesarias a contratar por tipo de recurso

Tipo de problema	Aplicación al sector salud	Especificaciones
Inventario	Políticas para el manejo de inventarios.	Manejo de diferentes recursos como medicamentos, dispositivos médicos.
Distribución en planta	Distribución de las áreas internas.	Apertura de nuevos departamentos o dependencias.
Programación de operaciones	Programación de recurso humano, insumos, equipos, etc.	Turnos, asignación de citas, programación de cirugías.
Distribución y transporte	Diseño de rutas.	Distribución de unidosis, servicio de alimentación, ruta de limpieza y residuos hospitalarios.
Medición	Eficiencia en el uso de materiales, de gestión, entre otros.	Atención al paciente, indicadores operativos, de calidad y financieros.

Fuente: elaboración propia, basado en (Velasco, Amaya, Guerrero, & Jiménez, 2007)

6.4 CLASIFICACION ABC

El sistema ABC es una de las principales técnicas de clasificación de inventarios bajo un solo criterio. Una forma de realizar la clasificación es con base en el producto entre la demanda anual de un ítem por el valor unitario del mismo (Vidal Holguín, 2010).

Para realizar la clasificación, se organiza de mayor a menor los ítems de acuerdo al criterio seleccionado, luego se realiza la sumatoria de los ítems, seguido se saca el peso que representa cada uno de ellos, y se realiza la suma acumulada que al final debe dar el 100%.

Por ejemplo, si el criterio utilizado son las ventas anuales, de acuerdo a (Vidal Holguín, 2010) usualmente los ítems clase A constituyen del 10 al 20% de los primeros ítems de la clasificación, los ítems clase B entre el 20 y el 40% y la clase C lo constituye el resto de los ítems. Generalmente la clase A generan entre el 60 y 80% de las ventas anuales, la clase B representan entre el 20 y 30% de las mismas y la clase C casi nunca pasan del 10% de las ventas anuales.

6.5 PROCESO ANALITICO JERARQUICO (AHP)

El proceso analítico jerárquico o más conocido como AHP (*Analytic Hierarchy Process*), es un método cuantitativo desarrollado por Thomas L. Saaty entre 1971 y 1975 (Saaty, 1987), que busca dar prioridad a las alternativas en un proceso de decisión, considerando varios criterios.

Para llevar a cabo el método a grandes rasgos se deben realizar los siguientes pasos:

- a. Se seleccionan los criterios y alternativas a evaluar.
- b. Se desarrolla una matriz de comparación entre pares de los criterios y alternativas. Para darles una valoración a cada uno de ellos, se hace uso de la escala de preferencias de Saaty, que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Escala de preferencia de Saaty

Escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio están ligeramente a favor de uno de los elementos.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio están fuertemente a favor de uno de los elementos.
7	Importancia muy fuerte o demostrable	Un elemento es preferido sobre el otro en un grado muy fuerte y esta preferencia puede demostrarse en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia favorece a una alternativa sobre la otra extremadamente.
2,4,6,8	Valores intermedios entre los elementos	Cuando los elementos están altamente relacionados.
Recíprocos		Cuando el elemento i tiene asignado uno de los valores anteriores respecto a otro elemento j , entonces j tendrá el valor recíproco cuando se compare con i .

Fuente: elaboración propia, basada en (Saaty, 1987).

- c. Se desarrolla la matriz de comparación normalizada, lo cual consiste en dividir cada elemento de la matriz por la suma total de los elementos de su respectiva columna.
- d. Se calcula el vector prioridad, donde cada componente es el promedio simple de cada fila de la matriz normalizada.
- e. Se debe multiplicar la matriz de comparación entre pares original con el vector prioridad, esto se conoce como suma ponderada.
- f. Una vez calculada la suma ponderada se divide cada componente del vector por la componente correspondiente al vector prioridad, dando como resultado el vector consistencia.
- g. Se calcula (λ_{max}), a partir de la ecuación (1), este valor es el valor propio más grande de la matriz de comparación entre pares.

$$\lambda_{max} = \frac{\text{suma de componentes del vector consistencia}}{n}, \quad (1)$$

donde n es la cantidad de criterios o alternativas a evaluar.

- h. Luego se debe calcular el índice de consistencia (IC), como se muestra en la ecuación (2).

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}. \quad (2)$$

- i. Para validar la información de la comparación de los criterios y poder concluir al respecto, es necesario calcular el cociente de consistencia (CR). Para ello se debe hacer uso del índice aleatorio (IA), el cual se selecciona de acuerdo al número de alternativas del problema analizado (n). Ver en la tabla 4.

Tabla 4. Índice de consistencia aleatoria.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: elaboración propia, basada en (Saaty, 1987)

Al seleccionar el IA , se procede a calcular CR como se muestra a continuación.

$$CR = \frac{IC}{IA} \quad (3)$$

El resultado del cociente de consistencia se interpreta de la siguiente manera:

- Si el $CR < 0,1$ hay consistencia en la calificación entre pares, lo que sugiere que los resultados obtenidos son confiables.
- Si el $CR > 0,1$ hay inconsistencia, se debe revisar la calificación entre pares inicial hasta que el resultado sea consistente.

En esta sección se ha descrito a grandes rasgos los pasos para realizar el proceso analítico jerárquico, para mayor información de la herramienta consultar (Saaty, 1987).

6.6 PRONÓSTICOS

Un pronóstico es “una predicción de acontecimientos futuros que se utilizan con propósitos de planificación” (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2014). (Hanke & Wichern, 2009) afirman que los pronósticos son necesarios porque las organizaciones se desarrollan y operan en un entorno en el cual la incertidumbre siempre está presente, y donde además se deben tomar decisiones de nivel táctico, operativo y estratégico que pueden afectar considerablemente el futuro de la empresa.

(Vidal Holguín, 2010) refiere que se reconocen diferentes métodos de pronóstico, por eso, es de vital importancia tener en cuenta el tipo a utilizar y los aspectos que tienen una participación importante en el resultado, a continuación, se mencionan los diferentes métodos.

- **Cualitativos:** son utilizados cuando no hay datos históricos es un método subjetivo.
- **Series de tiempo:** se basa en el estudio de datos históricos, los métodos que se utilizan son cuantitativos estadísticos, algunos de ellos son el promedio móvil simple, suavización exponencial simple, entre otros.

- **Causales:** estos métodos tienen en cuenta la relación con factores externos como el crecimiento de la población, el comportamiento de los competidores.
- **Por analogía:** estos se basan en la observación de hechos pasados similares al que se desea analizar.
- **Simulación:** estos métodos combinan las técnicas usadas en los pronósticos de series de tiempo y pronósticos causales.

6.6.1 Indicadores de eficiencia de los pronósticos

Los indicadores de eficiencia de los pronósticos están basados en la precisión, es por esto que al hacer uso de alguno de los métodos se considera el error como la medida base de la precisión. A continuación, se listan los indicadores:

- **Error del pronóstico (e_t):** es la diferencia entre el valor observado o real del tiempo t (x_t) y el pronóstico calculado para el mismo periodo ($\hat{x}_t$).

$$e_t = x_t - \hat{x}_t . \quad (4)$$

- **Error absoluto $|e_t|$:** este no se cancela al obtener resultados con signos contrarios.

$$|e_t| = |x_t - \hat{x}_t| . \quad (5)$$

- **Error cuadrático (e_t^2):**

$$e_t^2 = (x_t - \hat{x}_t)^2 . \quad (6)$$

- **Error absoluto porcentual (APE – *Absolute percentage error*):** es un indicador que presenta problemas de estabilidad cuando existen valores cercanos o iguales a cero en los datos históricos y en el pronóstico. El cálculo de este tiene una variación en el denominador, el uso de la ecuación depende del evaluador.

$$APE = 100 * \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right| . \quad (7)$$

$$APE = 100 * \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{\hat{x}_t} \right|. \quad (8)$$

- **Desviación absoluta media (*MAD – Mean absolute deviation*)**: es la medición del error del pronóstico teniendo en cuenta n periodos. Exactamente se define como el promedio de los errores absolutos sobre un número determinado de periodos.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n}. \quad (9)$$

- **Error cuadrático medio (*ECM*)**: este también evalúa el error del pronóstico en n periodos teniendo en cuenta el error cuadrático.

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}. \quad (10)$$

6.6.2 Pronósticos de series de tiempo

La utilización de los diferentes tipos de pronósticos puede determinarse basándose en el comportamiento de la demanda observada a partir de los datos históricos, en la tabla 5 se muestra el pronóstico recomendado de acuerdo al comportamiento de la demanda, esto solo es una recomendación ya que la definición del pronóstico también depende del sistema de estudio, según lo observado estas son las relaciones más comunes de acuerdo a (Vidal Holguín, 2010).

6.6.2.1 Suavización exponencial simple

Este método se centra en darle un peso a cada uno de los datos históricos de la demanda registrados, aplicando un peso α a la observación de la demanda y un peso $(1 - \alpha)$ al pronóstico anterior, la notación utilizada es la siguiente:

s_t = Pronóstico realizado al final del periodo t ,
 s_{t-1} = Pronóstico del periodo anterior ,
 x_t = Demanda real observada en el periodo t ,
 α = Constante de suavización, con valores entre 0.01 y 0.3 .

Tabla 5. Relación del pronóstico con el patrón de la demanda.

Patrón de demanda observado	Sistema de pronóstico recomendado
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Por ejemplo, en ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales (Método de Croston y relacionados)

Fuente: (Vidal Holguín, 2010)

donde el pronóstico está dado por la siguiente ecuación

$$s_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)s_{t-1}. \quad (11)$$

Para dar uso a la ecuación (11) se debe contar con un valor inicial s_0 , para calcular este valor se deben tener datos históricos de la demanda, en este caso el valor de s_0 es igual promedio de las demandas históricas utilizadas para el periodo de inicialización del pronóstico, de no contar con los datos se debe recurrir a un valor subjetivo.

6.6.2.2 Suavización exponencial doble

Lo que hace a este método diferente al anterior es que hace uso de un nuevo operador s_t^2 , que es aplicado al resultado obtenido de la suavización simple haciendo uso de la misma constante de suavización α . Este sistema de pronóstico considera las tendencias de la demanda ya que tiene en cuenta dos parámetros para realizar los pronósticos de demandas futuras, que son b_1 y b_2 , la primera representa la componente constante y la segunda la componente con tendencia. La

ecuación (12) se utiliza para calcular el pronóstico de demanda de τ periodos adelante, basado en los valores S_t Y $s_t^{[2]}$, correspondientes al actual periodo T .

$$\hat{x}_{T+\tau} = \left(2 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right)s_t - \left(1 + \frac{\alpha\tau}{1-\alpha}\right)s_{t-1}^{[2]} , \quad (12)$$

donde τ toma el valor de 1, cuando se desea conocer el pronóstico para el siguiente periodo.

Para inicializar este sistema de pronóstico se requieren los valores iniciales s_0 y $s_0^{[2]}$, que se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$s_0 = \hat{b}_1(0) - \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)\hat{b}_2(0) , \quad (13)$$

$$s_0^{[2]} = \hat{b}_1(0) - 2\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)\hat{b}_2(0) , \quad (14)$$

donde $\hat{b}_1(0)$ representa la estimación del valor constante alcanzado por la demanda y $\hat{b}_2(0)$ es la estimación de la pendiente de la tendencia de la demanda, estos valores son calculados a partir de los datos históricos de la demanda, utilizados en la inicialización del pronóstico. Para determinar el primer valor se hace uso de la siguiente ecuación:

$$\hat{b}_1(0) = \hat{a}_1(0) + m\hat{b}_2(0) , \quad (15)$$

donde m es el número de datos históricos utilizados para estimar los valores de $\hat{a}_1(0)$ y $\hat{b}_2(0)$, el primer término corresponde a la intersección con el eje vertical, y el segundo a la pendiente, estos valores se obtienen a partir de la regresión lineal simple por mínimos cuadrados.

Una vez se inicializa el sistema, se utilizan las ecuaciones (16) y (17), mostradas a continuación, para hallar s_t y $s_t^{[2]}$ y con base a estos determinar el pronóstico del siguiente periodo.

$$s_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)s_{t-1} , \quad (16)$$

$$s_t^{[2]} = \alpha s_t + (1 - \alpha)s_{t-1}^{[2]} . \quad (17)$$

6.6.2.3 Método de Croston

Es un método utilizado para realizar el pronóstico de ítems que presentan un comportamiento errático, el método se basa en pronosticar la probabilidad de que ocurra o no demanda en el siguiente periodo y en pronosticar la demanda. Para este método se usa la siguiente notación:

$$\begin{aligned}x_t &= \text{Demanda real del periodo } t, \\y_t &= \begin{cases} 1 & \text{si demanda es mayor que cero en el periodo } t \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}, \\z_t &= \text{Tamaño de la demanda ocurrida en el periodo } t, (z_t = x_t * y_t), \\n_t &= \text{Número de periodos con demanda mayor que cero hasta el periodo } t, \\\hat{n}_t &= \text{Valor estimado de } n \text{ al final del periodo } t, \\\hat{z}_t &= \text{Valor estimado de } z \text{ al final del periodo } t.\end{aligned}$$

Al final de cada periodo t se debe verificar que la demanda real sea mayor que cero para actualizar los estimadores que son $\hat{n}_t$ y $\hat{z}_t$ a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1}, \quad (18)$$

$$\hat{z}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1}, \quad (19)$$

donde α es la constante de suavización que se encuentra definida entre 0.01 y 0.3 rango que es manejado por (Vidal Holguín, 2010).

En caso de que la demanda al finalizar el periodo t sea igual a cero los estimadores $\hat{n}_t$ y $\hat{z}_t$ no se actualizan y conservan el valor del periodo inmediatamente anterior, pero no se debe olvidar el valor de n_t ya que este es el contador del número de periodos con demanda superior a cero.

Para determinar los valores iniciales de los estimadores $\hat{n}_0$ y $\hat{z}_0$, se tienen en cuenta los datos históricos de la demanda del ítem y hace uso de un contador que lleva la cuenta del número de periodos entre demandas que son mayores que cero que se registran en la parte de inicialización del pronóstico, así:

$$\begin{aligned}\hat{n}_0 &= \text{promedio simple de los valores del contador mayores que cero del contador}, \\\hat{z}_0 &= \text{promedio simple de los valores positivos de los datos de la demanda}.\end{aligned}$$

Para terminar el pronóstico realizado para el periodo t se calcula con la siguiente ecuación.

$$\hat{x}_{t+1} = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t} . \quad (20)$$

6.7 INVENTARIOS

Los inventarios se pueden considerar como las cantidades de bienes que gestionan las empresas, almacenadas durante algún periodo con el fin de poder satisfacer la demanda (Hanke & Wichern, 2009). Estos además son parte fundamental entre los procesos de abastecimiento y demanda, ya que estos soportan la diferencia entre las tasas y los tiempos entre estos dos procesos, siendo afectada esta diferencia por factores internos y externos. El primero es generado por las políticas que pueda adoptar la empresa, y los factores externos son generados por el entorno en el que se desenvuelve la empresa y que no tiene bajo su control.

De acuerdo a (Ballou, 2005) “Los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.”

6.7.1 Control de inventarios

El control de inventarios busca mantener disponibles los productos que se requieren para la empresa y los clientes, por lo que implica la coordinación de las áreas de compras, manufactura y distribución.

La eficacia de los sistemas de control de inventarios depende de factores como, por ejemplo, la medición adecuada de los tiempos de reabastecimiento, el diseño de indicadores de eficiencia globales capaces de considerar todas las variables implícitas para el control de inventarios, y en especial de la implementación de métodos de pronóstico de demanda, que permitan una estimación precisa de la tendencia y variabilidad de la demanda de cada uno de los productos que se mantengan en inventario, y minimizando el error propio en la naturaleza de estos métodos, al tener en cuenta datos realistas sobre la demanda, la exclusión de datos

atípicos y la selección adecuada del período base para el cálculo de pronósticos (Ballou, 2005).

Por lo anterior, es necesario conocer el tipo y patrón de demanda que maneja el sistema de estudio ya que de esto depende los métodos y técnicas a usar para ejercer control. La primera identificación que se debe realizar es si la demanda es dependiente o independiente, siendo la primera aquella demanda que es generada por entes externos de la empresa y la segunda es generada internamente por ejemplo materias primas, material para empacar un producto, entre otras. El segundo aspecto a tener en cuenta es el patrón o el comportamiento de la demanda ya que de este aspecto depende el sistema de administración del inventario. La demanda puede tener en términos generales dos tipos de comportamiento uno constante y otro aleatorio, para el segundo grupo se pueden identificar diferentes tipos de comportamiento como lo son:

- **Uniforme, estable o perpetua:** este tipo de patrón muestra que las fluctuaciones se encuentran en un pequeño rango y se mantiene por grandes periodos de tiempo.
- **Con tendencia:** esta muestra un comportamiento ya sea creciente o decreciente en un periodo de tiempo.
- **Estacional, periódica o cíclica:** este tipo de patrón muestra picos en la demanda en determinados periodos que se presentan de forma repetitiva.
- **Errática:** este tipo de demanda muestra grandes fluctuaciones a lo largo del tiempo.

Una forma de determinar el patrón de la demanda es haciendo uso del coeficiente de variación CV , el cual determina la variación de la distribución de la demanda, arrojando como resultado un valor con el que se puede determinar si el ítem tiene un comportamiento errático o no. La ecuación para determinar el CV esta dada por:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (21)$$

donde σ es la desviación estándar de la demanda que está dada por la ecuación (20) y $\bar{x}$ que es la demanda promedio que está dada por la ecuación (23).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (22)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n x_t}{n}. \quad (23)$$

6.7.2 Sistemas de control de inventarios

Los modelos de inventarios gestionan y sugieren el momento y la cantidad óptima que se debe ordenar para reabastecer el sistema. Según (Chase & Jacobs, 2014), estos permiten generar una estrategia de gestión. Los sistemas de control se enfocan en diversas situaciones, donde se tienen en cuenta elementos como demanda, costos de almacenamiento, de pedido y de lanzamiento de la orden, así como el comportamiento de los productos. De acuerdo a este último elemento, se debe tener en cuenta que, si la demanda se considera constante, el modelo o sistema que se puede utilizar para resolver el problema, es determinar el tamaño óptimo de pedido. Si la demanda tiene un comportamiento aleatorio se pueden considerar sistemas de revisión continua o periódica. A continuación, se muestran algunos de ellos.

- **EOQ (*Economic Order Quantity*):** Este modelo se basa en unos supuestos (Vidal Holguín, 2010), que se van eliminando a medida que se comprenden y desarrollan modelos de mayor complejidad, este sistema de control trata de determinar el momento específico donde debe realizar la orden y cuál es la cantidad a pedir para así minimizar los costos de ordenar y mantener el inventario.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}, \quad (24)$$

donde:

A = Costo de pedir en \$/pedido,

D = Tasa de demanda del ítem en und/año,

v = Valor unitario del ítem en \$/und,

r = Costo de mantener el inventario en %/año o \$/(\$ * año).

- **Revisión Periódica:** Este sistema en general se basa en coordinar la revisión del inventario en un periodo determinado para lograr realizar de manera simultánea la compra de varios ítems y así obtener beneficios en términos de costos en la adquisición. Este tipo de control requiere de un mayor inventario de seguridad comparado con el sistema de revisión continua ya que se debe garantizar que haya suficiente inventario que cubra los periodos entre la revisión y la llegada del ítem.

El sistema de control periódico más común es el (R, S) , este sistema se basa en realizar la revisión del inventario cada R unidades de tiempo y realizar un pedido que haga subir el inventario hasta el nivel máximo S .

Para desarrollar este sistema se requiere de realizar el cálculo del intervalo de revisión R y el nivel máximo de pedido S que se realiza por medio de las ecuaciones que se muestran a continuación.

$$R = \sqrt{\frac{2A'}{Dvr}} , \quad (25)$$

$$S = (d(R + L)) + k(\sigma_1 \sqrt{R + L}) , \quad (26)$$

la cual puede abreviarse definiendo:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{R+L} &= d(R + L) , & \sigma_{R+L} &= \sigma_1 \sqrt{R + L} , \\ S &= \hat{x}_{R+L} + k\sigma_{R+L} , \end{aligned} \quad (27)$$

donde:

A' = Costo de pedir en \$/pedido, este tiene en cuenta el costo de la revisión

D = Tasa de demanda del ítem en und/año.

v = Valor unitario del ítems en \$/und.

r = Costo de mantener el inventario en %/año o \$/(\$ * año).

d = Demanda pronosticada sobre el tiempo $R + L$ en und.

L = Tiempo que se tarda en llegar el pedido desde su solicitud (Lead time)

σ_1 = Desviación estandar de los errores del pronóstico.

- **Revisión Continua:** Este sistema de control se basa en revisar el nivel del inventario cada vez que se realiza un movimiento en el inventario ya sea un despacho, recepción, venta de mercancía, entre otras. Para este modelo se requiere un menor inventario de seguridad y se generan más costos en la revisión del inventario, los sistemas de control más conocidos de este tipo de revisión son el (s, Q) y (s, S) .

En el sistema (s, Q) cada vez que el inventario es igual o menor al punto de re-orden s se debe realizar un pedido de cantidad fija Q . En el sistema $(s; S)$ cada vez que el inventario es igual o está por debajo del punto de re-orden s se debe llegar a una cantidad máxima de inventario S , la diferencia entre estos dos sistemas de control radica en la cantidad de unidades a pedir, ya que con el primero la cantidad es fija y con el segunda la cantidad depende de cuantas haya en existencia en el momento de realizar el pedido.

6.8 INDICADORES KPI

(Parmenter, 2015) define KPI's (*Key Performance Indicators*) como un conjunto de medidas que se centran en el desempeño organizacional, estos indicadores financieros u operacionales muestran una imagen completa de cómo está la empresa actualmente ayudando a alinear las áreas con la estrategia central de la organización. Los KPI's son una serie de medidas enfocadas en los aspectos críticos del desempeño de la organización para el éxito a corto y largo plazo. En pocas palabras, los KPI's son un instrumento que reflejan el rendimiento de la organización. A continuación, se mencionan algunas de las características de los KPI's:

- Las medidas no se expresan en valor monetario.
- Requiere de monitoreo frecuente.
- Es útil para el Presidente Ejecutivo (CEO) y el Comité Directivo (*Senior Management Team*).
- Requiere del entendimiento de la medida y de las acciones correctivas necesarias por parte del equipo.
- Asignar responsabilidades a los individuos o grupos.
- Tiene un impacto significativo ya que afecta a la mayor parte de los factores claves de éxito.

- Impacto positivo sobre otras medidas de desempeño.

Al tratarse del sector salud es necesario hacer uso de indicadores que permitan conocer el estado de los diferentes servicios, para este caso particular instituciones gubernamentales como el ministerio de salud de Lima, presentan indicadores con enfoques de gestión y uso, que permiten medir la gestión farmacéutica. En el manual de indicadores realizado por el Sismed (Ministerio de salud , 2002), se encuentran plasmados diferentes indicadores para evaluar este tipo servicios.

7. GESTIÓN DE INVENTARIO ACTUAL

7.1 DIAGNÓSTICO

La cadena de abastecimiento del hospital donde se desarrolla la elaboración del proyecto, se desenvuelve en un sistema multiproducto donde intervienen actores como los proveedores, el área de compras, el almacén general de la institución, los diferentes servicios ofrecidos al usuario y el servicio farmacéutico que es el área objeto de estudio. A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los ellos.

Proveedores: El hospital cuenta con 3 proveedores quienes son los encargados de abastecer al hospital de medicamentos, dispositivos médicos y demás insumos requeridos para su funcionamiento.

Compras: Es el área que se encarga de realizar la licitación entre los proveedores existentes, luego de analizar las ofertas, adjudica el pedido de un insumo específico al proveedor que ofrezca menor costo, realizando el mismo procedimiento para cada ítem. Se debe tener en cuenta que las cantidades solicitadas son para cubrir las necesidades de un trimestre. El tiempo de respuesta o de reabastecimiento para la bodega es de 72 horas.

Almacén general o bodega: Es el área encargada de recepcionar los insumos entregados por los proveedores, y suministra al servicio farmacéutico todos los medicamentos y dispositivos médicos requeridos para brindar una atención a los usuarios; también dispensa otros insumos a las demás áreas del hospital.

El tiempo de respuesta o de reabastecimiento para la entrega de medicamentos y dispositivos médicos al servicio farmacéutico es de 24 horas, por esta razón los pedidos se reciben de lunes a jueves.

Servicio farmacéutico: El hospital cuenta con un solo servicio farmacéutico, en este punto se entrega a cada uno de los servicios del hospital (pediatría, urgencias, cirugía, hospitalización), los medicamentos y dispositivos médicos necesarios para cubrir la demanda, de acuerdo a la información brindada por el hospital se busca un nivel de servicio superior al 95%.

Este servicio debe realizar los pedidos una vez a la semana al almacén general, ya que no cuenta con el espacio suficiente para almacenar los insumos requeridos para

un trimestre. Se debe tener en cuenta que el servicio no dispensa el material de osteosíntesis, este material es entregado por almacén a cirugía.

A continuación, se presentan la ilustraciones 2 y 3. En la primera se muestra el flujo de información y materiales entre los actores descritos de acuerdo a los diferentes procesos que se llevan a cabo en todo el sistema. En la segunda se muestran los procesos que están relacionados con el servicio farmacéutico, haciendo énfasis en los puntos más generales que los conforman.

Ilustración 2 Macro proceso de la gestión del inventario.



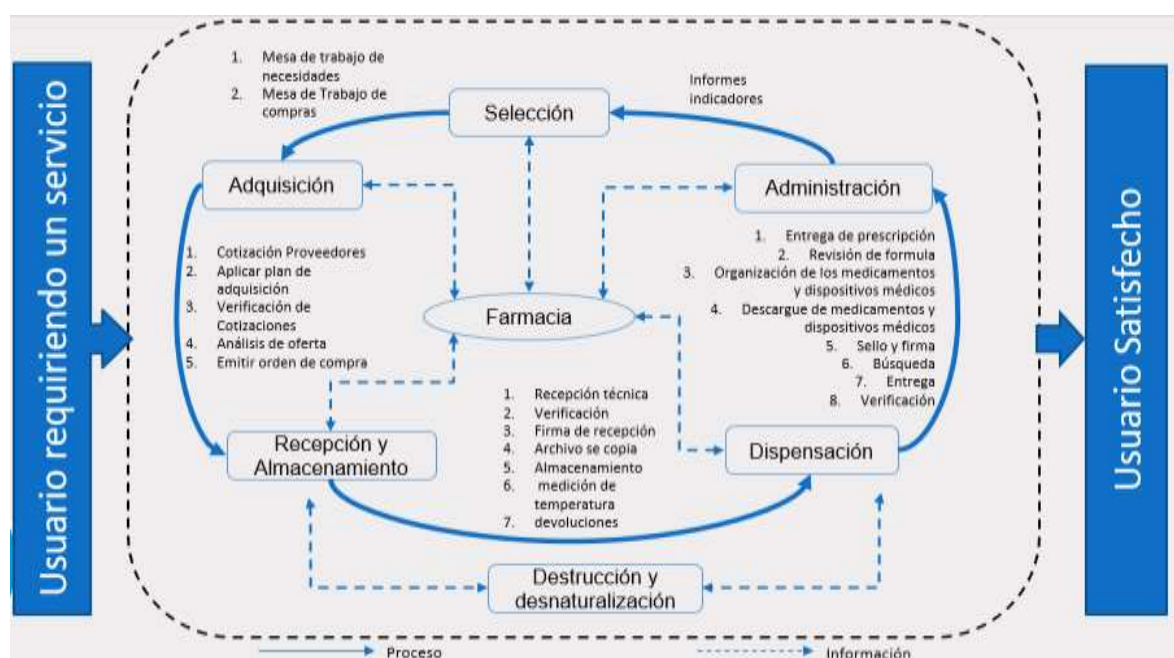
Fuente: elaboración propia.

Actualmente la institución no cuenta con una política de inventarios definida, la planeación de 564 ítems entre medicamentos y dispositivos médicos manejados por el servicio farmacéutico, se realiza de acuerdo a la experiencia y habilidad de los encargados, que en este caso son el jefe del almacén general y el jefe de compras del hospital con colaboración de la regente de farmacia, quienes se apoyan en las salidas de los medicamentos y dispositivos médicos que son registrados al momento en que se liquida la salida a un paciente. Para realizar el pedido, que suplirá la demanda de un trimestre, las personas mencionadas recopilan la información de los tres trimestres anteriores y realizan un promedio simple, actividad que se lleva a cabo finalizando cada trimestre.

Para identificar la situación actual de la entidad objeto de estudio se consultó al personal administrativo y asistencial de la institución que están involucrados directamente con el proceso estudiado, también se recolecta información de los movimientos registrados de facturación relacionados con el servicio farmacéutico durante los años 2016 y 2017, para realizar posteriormente el análisis del comportamiento de los ítems estudiados y además se solicitaron los procedimientos operacionales estandarizados, el manual de procesos y procedimientos del servicio farmacéutico y la información de los procedimientos realizados en el almacén general, área que se encuentra aguas arriba del área de estudio.

A continuación, en la tabla 6 se realiza una descripción de los hallazgos encontrados durante la recolección de los datos.

Ilustración 3 Mapa de proceso del servicio farmacéutico.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Hallazgos del diagnóstico actual.

Área	Tipo de hallazgo	Hallazgo	Consecuencia
Compras y almacén	Documental	Se evidencia que las actividades plasmadas en los procedimientos operacionales estandarizados (POE) no muestran la realidad del proceso.	No existe un documento con el que se puede hacer una confrontación o verificación de las actividades que se llevan a cabo.
	Operacional	<p>No tienen una forma estandarizada de ingreso de datos en el sistema.</p> <p>El proceso de adquisición de insumos se realiza con métodos básicos, como lo es el cálculo de promedios simples.</p>	<p>Se encuentra duplicidad de los ítems registrados de medicamentos y dispositivos médicos, lo que dificulta realizar un análisis de los datos suministrados de los ítems.</p> <p>Los métodos utilizados para determinar las cantidades a pedir para cada trimestre no reflejan ni predicen las posibles fluctuaciones del sistema situación que puede traer como consecuencias desabastos en el servicio.</p>
Servicio farmacéutico	Documental	<p>Se evidencia que las actividades plasmadas en los procedimientos operacionales estandarizados (POE) no reflejan la realidad del proceso.</p> <p>No se socializa la documentación al personal.</p> <p>Se asignan actividades como el cálculo de indicadores, los cuales no se realizan, ya que el personal no tiene conocimiento del documento que lo registra.</p>	No se pueden realizar actividades de seguimiento al servicio farmacéutico ya que no se registra la información necesaria.

Área	Tipo de hallazgo	Hallazgo	Consecuencia
	Operacional	<p>El personal no registra a tiempo real las salidas de medicamentos y dispositivos médicos en el sistema.</p> <p>Se despacha al servicio de cirugía medicamentos y dispositivos médicos que no son descargados de sistema hasta fin de mes.</p> <p>Registro incompleto de campos.</p> <p>El servicio no cuenta con un área de cuarentena lo cual no permite una recepción adecuada de los ítems.</p>	<p>Información de cantidades disponibles irreales en el sistema de información.</p> <p>No hay facilidad para el manejo de datos porque existen campos blancos en la base de datos.</p> <p>En el área de cuarentena se deben recepcionar los ítems para realizar un previo conteo y revisión, al no realizarla se corre el riesgo de admitir ítems que no cumplen con los requerimientos técnicos, provocando posibles eventos adversos o pérdidas por no cumplir con los parámetros de devolución de medicamentos y dispositivos establecidos.</p>

Fuente: elaboración propia.

Como se describió en la tabla 6 de forma general, el servicio farmacéutico en el documento denominado *formato estandarizado de proceso* para el subproceso de administración del servicio farmacéutico, se establecen tres indicadores: uno de eficiencia denominado % de vencidos, otro de eficacia llamado % de medicamentos faltantes y el último % de devoluciones que está relacionado con la efectividad, indicadores que solo están plasmados en el papel, ya que el personal de farmacia y especialmente la regente que es la encargada del funcionamiento del servicio farmacéutico expreso que no tenía conocimiento del documento y que en ningún momento ha utilizado los indicadores mencionados en este, ni tampoco ha elaborado ninguno propio.

Los datos históricos recolectados a través de la ERP que posee el hospital (R-FATS) hacen referencia a los medicamentos y dispositivos médicos que fueron facturados durante el periodo 2016 y 2017, en este registro se detecta que hay un total de 956 ítems, valor que es elevado por la duplicidad de registros y porque se encuentran los registros de insumos de osteosíntesis que no son manejados por el servicio farmacéutico.

Se ejecutaron varios filtros para obtener la información que se va a analizar, con el objetivo de realizar los sistemas de control. En el primero se descartan las duplicidades, en el segundo se eliminan los ítems que no son manejados por el servicio, y en el tercero se anexan los ítems que estaban registrados en las entradas desde bodega a farmacia pero que no se encontraban registrados en los datos que fueron suministrados por el módulo de facturación del sistema.

Como resultados de los filtros se obtuvo una reducción de un 41% de los datos entre medicamentos y dispositivos médicos, la reducción de duplicidades de los medicamentos fue aproximadamente del 19% de los datos, la reducción más significativa se obtuvo en los dispositivos médicos, pues se eliminaron el 65% de los datos registrados, estos ítems son los dispositivos de osteosíntesis que son cargados en el módulo del servicio pero que son dispensados por el almacén general ya que tienen otro manejo. A continuación, en la tabla 7 se muestra un resumen numérico de la depuración de los datos.

Tabla 7. Resultados numéricos de la depuración de datos.

	Medicamentos	dispositivos médicos	Total registros
No. de ítems (base de datos)	495	461	956
No. de ítems real	403	161	564
Variación	18,58%	65,07%	41%

Fuente: elaboración propia.

También se realizó la revisión de los medicamentos y dispositivos médicos reportados como vencidos en el segundo semestre del año 2017, los reportes analizados no contienen ningún dispositivo médico, por lo tanto las pérdidas por vencimiento reportadas solo corresponden a medicamentos, para conocer el valor

de la pérdida correspondiente a cada mes se relacionaron las cantidades registradas para cada uno de los medicamentos con el respectivo costo, al realizar el mismo procedimiento para cada mes y totalizar las pérdidas se obtuvo un monto de \$4.405.410 para el semestre, a esta pérdida se debe sumar los costos de disposición final que debe asumir el hospital costos que no se contemplaron en el análisis.

El mes en el que se presenta mayor pérdida por insumos vencidos, es el mes de agosto, en este se encuentran grandes cantidades de medicamentos, por ejemplo, se presentan 1320 tabletas de lovastatina, 584 sobres de N-acetilcisteína que representa la aproximadamente la mitad del monto de la pérdida del mes (\$1.576.800), lo que sugiere dos situaciones, la primera es que se realizaron compras elevadas o no se realizó la correcta semaforización, que es la señalización de los insumos de acuerdo a su fecha de vencimiento. A continuación, en la tabla 8 se muestran los montos de las pérdidas por vencimiento en el segundo semestre del año 2017.

Tabla 8: Costo por vencimientos de medicamentos en el servicio farmacéutico.

MES	COSTO MENSUAL
jun-17	\$ 100.020
jul-17	\$ 1.323.697
ago-17	\$ 2.055.885
sep-17	\$ 65.713
oct-17	\$ 167.232
nov-17	\$ 354.385
dic-17	\$ 338.478
TOTAL	\$ 4.405.410

Fuente: elaboración propia.

Para estimar la pérdida por vencimiento en la inversión realizada en medicamentos de un semestre, se tuvo en cuenta que el monto para la compra de un semestre es de aproximadamente \$320.000.000 valor que fluctúa por las contrataciones que se realizan con los proveedores cada trimestre. De acuerdo a este dato se procede a sacar el peso que representa la pérdida en la inversión que es de 1,4% aproximadamente, valor que no es representativo en la inversión realizada pero que sugiere un inadecuado manejo de la gestión del inventario ya que el valor ideal es

0%. De los medicamentos registrados como vencidos solamente la fenitoina sódica se encuentra catalogada como tipo A.

Otro punto de revisión fueron las devoluciones que se dan en el servicio farmacéutico debido a diferentes causas, como egreso del usuario, fallecimiento, traslado, suspensión del tratamiento o cambio del medicamento. Se encontraron las siguientes falencias:

- No se realizan devoluciones de los dispositivos médicos entregados, lo que puede sugerir dos situaciones. La primera es que se están dejando los dispositivos para aprovechamiento dentro del servicio al cual se entregó, y la segunda es que se tienen pérdidas por robo, situación que se debe analizar ya que puede tener repercusiones en los sistemas de control de inventarios que se plantean más adelante. No obstante, este análisis está fuera del alcance de este documento.
- El formato *devolución de medicamentos y dispositivos médicos por paciente* se diligencia de forma incompleta e incorrecta, situación que dificulta realizar un análisis de los datos, ya que no se sabe con exactitud la procedencia de las devoluciones realizadas por cada uno de los servicios que surte farmacia.
- El diligenciamiento de los formatos se realiza para tener un soporte de la entrega realizada, pero los campos de quién entrega y quién recibe no se diligencian en todos los casos. Una desventaja que se encuentra con este formato, y que repercute en los niveles en sistema del inventario, es que estas devoluciones no son registradas inmediatamente cuando se reciben.

El análisis de las devoluciones se realizó con la información del primer trimestre del año 2018, ya que esa fue la información entregada por el hospital. En la tabla 9 se muestra un resumen de los resultados obtenidos a partir de los registros. La entidad no hace una relación de costo para los ítems que son devueltos al servicio farmacéutico y en la recolección de la información para el análisis tampoco se toman en cuenta. Ver anexo A *Devoluciones I trimestre 2018*.

Tabla 9. Resultados de las devoluciones de medicamentos y dispositivos médicos del primer trimestre de 2018.

I TRIMESTRE 2018		
Total devoluciones		4316
Medicamentos		Dispositivos
4299		17

TOTAL REGISTROS		515
CAUSA	TOTAL	%
Dado de alta	460	89%
Fallecimiento del paciente	10	2%
Traslado del Paciente	19	4%
Suspensión de tratamiento	4	1%
Cambio de medicamento	1	0%
Vacio	21	4%

SERVICIO	TOTAL	%
Atencion Ambulatorio	0	0%
Urgencias	0	0%
Hospitalizacion	12	2%
Salud publica	383	74%
Vacio	120	23%

sin fecha	76	15%
-----------	----	-----

Fuente: elaboración propia.

7.2 COSTOS DE LA GESTIÓN

El cálculo de los costos de pedir y mantener se realiza de acuerdo a la información suministrada por el personal del hospital donde se tienen en cuenta criterios ya establecidos por la literatura. A continuación, se desarrolla el cálculo de los costos.

7.2.1 Costo de ordenar o pedir

Para calcular el coste de pedir u ordenar, se tuvo en cuenta el procesamiento, la transmisión y manejo de la orden, tareas que están a cargo de la regente de farmacia. Para obtener el valor del costo se realizó una entrevista donde la regente relata las actividades que lleva a cabo para la elaboración de la orden y el tiempo que le toma realizarla, de acuerdo a esta información y a los criterios de la literatura, se calculó el costo, tomando como base el valor de un minuto de trabajo de la regente, equivalente a \$95. Este valor es multiplicado por el tiempo que toma realizar las actividades, dando un valor total de \$34.675 por pedido realizado al almacén general. Existen situaciones esporádicas donde farmacia debe realizar pedidos directamente al proveedor, escenario que puede resultar en un inadecuado manejo del inventario. Cuando se presenta este caso se genera un sobre costo de

\$18.525, incrementando el costo del pedido a \$53.200. En la tabla 10 se muestran las actividades relacionadas con la elaboración de la orden.

Tabla 10: Costo de pedir inventario en el servicio farmacéutico

Actividad	Tiempo en minutos	CTM*	Costo por actividad	Costo total
Preparación de pedido	240	\$95	\$22.800	\$34.675
Correo electrónico	5		\$475	
Recepción e inspección	120		\$11.400	
Manejo de facturas	120		\$11.400	\$18.525
Llamadas	15		\$1.425	
Autorización de pedido	60		\$5.700	
				\$53.200

*Costo de un minuto de trabajo

Fuente: elaboración propia, con datos suministrados por el HROB.

7.2.2 Costo de mantener

Para realizar el cálculo de la tasa del costo de mantener el inventario en el servicio farmacéutico se tiene en cuenta: el costo de oportunidad, almacenamiento y manejo, riesgo de obsolescencia, impuestos y seguros. Los datos del peso de cada uno de los componentes del costo, relacionados en la tabla 11, se calcularon con base en la información proporcionada por el jefe de compras y de almacén general. Teniendo en cuenta los montos relacionados con estos componentes, que son cargados al servicio farmacéutico de forma anual, y con base en la inversión promedio que se realiza en medicamentos y dispositivos médicos por año, se obtiene que el 9,21% anual, es la tasa del costo para mantener el inventario en el servicio farmacéutico. Valor que se encuentra en el rango descrito por (Vidal Holguín, 2010) que corresponde del 5% al 50% anual.

Tabla 11: Tasa del costo de mantener el inventario en el servicio farmacéutico.

Componente de la tasa del costo de mantener	Monto anual	% anual	% del total
Costo de oportunidad	\$25.000.000	3,92%	42,55%
Almacenamiento y manejo	\$18.749.808	2,94%	31,91%
Riesgo de obsolescencia	\$15.000.000	2,35%	25,53%
Impuestos y seguros	\$0	0,00%	0,00%
Total	\$58.749.808	9,21%	100%

Inversión anual en medicamentos y dispositivos médicos	\$637.777.518
--	----------------------

Fuente: elaboración propia, con datos suministrados por el HROB.

Los costos de faltantes de inventario no se consideran ya que el hospital no cuenta con un registro para la elaboración de este costo, además se tendría que realizar un análisis más extenso sobre los costos en los que se incurre al cambiar o detener el tratamiento de un paciente por la ausencia de un medicamento o dispositivo médico. En el sector salud, incurrir en un faltante o no tener un elemento a la mano se puede traducir en sobre costos, pérdida de reputación, disminución del nivel de servicio y, en el peor de los casos, en la pérdida de una vida humana.

8. CLASIFICACIÓN Y SISTEMA DE PRONOSTICOS

8.1 PROCESO ANALITICO JERARQUICO DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN.

Para seleccionar la técnica de clasificación de los medicamentos y dispositivos médicos, se realizó lectura de los diversos métodos utilizados en diferentes tesis y artículos relacionados con el tema, de donde se encontró que en algunos se realizaba la clasificación ABC tradicional que los jerarquiza en función del valor monetario de acuerdo al consumo. En otro documento se encuentra la clasificación ABC/VEN, esta se basa en realizar la clasificación ABC y la clasificación VEN en donde se le da una categoría a los ítems de acuerdo a su criticidad o importancia médica, siendo una clasificación internacional que agrupa los medicamentos en vitales, esenciales y no esenciales, luego se unen las dos clasificaciones para re-categorizar los ítems. Existen también un artículo y una tesis donde utilizan el proceso analítico jerárquico (AHP) de Partovi & Burton con una variación para darle más peso a la clasificación.

De acuerdo a los métodos vistos en diferentes fuentes se observa que el método de clasificación más apropiado de acuerdo al objetivo de farmacia es la clasificación VEN, no obstante, no se utiliza en este trabajo ya que requiere de un análisis epidemiológico. Por otro lado el análisis ABC tradicional no captaría la importancia de otros criterios, por tal motivo se decide llevar a cabo la clasificación multicriterio haciendo uso del AHP.

La realización de este método requiere definir los criterios a tener en cuenta para la clasificación, criterios que a través de la AHP adquirirán un peso que luego será usado para darle un valor único a cada medicamento y dispositivo médico.

A continuación, se mencionan los criterios a tener en cuenta para la clasificación, los cuales fueron seleccionados y aprobados por la regente de farmacia y el coordinador de nivel II del hospital:

- **Costo unitario:** este criterio muestra el valor de cada ítem en términos monetarios, este refleja los recursos que deben asignarse a la compra de una sola unidad.

- **Rotación:** da un valor a cada ítem, que refleja la prioridad con la que este es re-abastecido en farmacia en un periodo determinado, lo que genera una idea de que tan apropiada es la cantidad pedida al almacén de un ítem en un periodo establecido, para este caso un periodo es equivalente a un mes.

Se debe resaltar que este criterio, aunque generalmente es cuantitativo ya que tiene una forma específica de calcularse, para este estudio va a tener una connotación subjetiva, que depende del personal que valorará este criterio para cada ítem de acuerdo a los valores establecidos en la tabla 16, debido a que el valor cuantitativo del criterio no se pudo obtener, puesto que no se conocía el inventario promedio durante el periodo específico, que corresponde a un mes.

- **Críticidad:** este criterio pretende darle una importancia médica a cada ítem estudiado, con el fin aproximarse a lo que busca la clasificación VEN, los puntos tenidos en cuenta para darle un valor a los ítems están definidos en la tabla 16.
- **Sustituibilidad:** busca darle un valor a cada ítem de acuerdo a la posibilidad que tenga de ser reemplazado por otro, en caso de que no haya existencias sin causar malestar o poner en riesgo al paciente, los criterios para asignarle un valor a cada ítem se encuentran en la tabla 16.

Para obtener la asignación de pesos de cada criterio se procedió a realizar la comparación entre pares de los criterios utilizando la escala de preferencia de Saaty mencionada ...en el apartado 6.5..., y así poder asignar los valores de 1 a 9. En la comparación se contó con la colaboración de la regente de farmacia, un médico general y el coordinador médico (personal administrativo), buscando tener un enfoque multidisciplinario.

Dicha comparación entre pares es dada por cada uno de los colaboradores del hospital antes mencionados, después se obtiene una matriz final de comparación por pares de los criterios utilizados para realizar la clasificación. La matriz final se obtuvo realizando un promedio de las valoraciones dadas por cada uno de los colaboradores; estos resultados se pueden observar en la tabla 12.

Tabla 12: Matriz final de comparación por pares de los criterios de selección.

AHP	Costo unitario	Rotación	Criticidad	Sustituibilidad
Costo unitario	1	0,50	0,17	0,25
Rotación	2,00	1	0,17	0,25
Criticidad	6,00	6,00	1	3,00
Sustituibilidad	4,00	4,00	0,33	1

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se construye la matriz normalizada de los criterios para la clasificación de los medicamentos y dispositivos médicos, de acuerdo a la metodología explicada en el marco teórico, y así poder calcular el vector prioridad de cada criterio, vector que representa la importancia relativa de cada uno de los criterios. En la tabla 13 se presentan la matriz normalizada y el vector prioridad.

Tabla 13: Matriz normalizada, vector consistencia y prioridad de los criterios de selección.

	Costo unitario	Rotación	Criticidad	Sustituibilidad	Vector Prioridad	Suma Ponderada	Vector de Consistencia
Costo unitario	0,077	0,043	0,100	0,056	0,069	0,280	4,053
Rotación	0,154	0,087	0,100	0,056	0,099	0,398	4,018
Criticidad	0,462	0,522	0,600	0,667	0,562	2,379	4,230
Sustituibilidad	0,308	0,348	0,200	0,222	0,269	1,129	4,191
Totales	1	1	1	1	1	4	

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la tabla 14 que el criterio de mayor peso para la gestión de medicamentos y dispositivos médicos es la criticidad, seguido del criterio sustituibilidad, en tercer lugar se encuentra el costo unitario y por último la rotación. Se observa que los criterios con mayor peso corresponden a los que están relacionados con la salud del paciente. De forma similar, en (Arias, 2015), utilizando la metodología multicriterio AHP, obtienen que el criterio con mayor peso es la criticidad.

Tabla 14: Vector prioridad de los criterios de selección.

CRITERIOS	PESO
Criticidad	56,2%
Sustituibilidad	26,9%
Costo unitario	6,9%
Rotación	9,9%

Fuente: elaboración propia.

Los pesos obtenidos para cada criterio son adecuados ya que el cociente de consistencia CR es de 0,0467, valor que se encuentra dentro del rango establecido, reflejando que la comparación entre pares fue consistente. Ver tabla 15.

Tabla 15: Indicadores de los criterios de selección.

λ_{max}	4,123
IC	0,041
RC	0,046

Fuente: elaboración propia.

8.2 CLASIFICACION ABC MULTICRITERIO DE LOS MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS

En la metodología de Partovi & Burton se plantean unos niveles dentro de cada criterio, que ayudan a dar un peso a cada ítem, pero en este análisis se decide dar un peso a cada uno de los ítems y no hacer uso del rango o nivel, con el objetivo de tener una valoración más cercana y apropiada para cada uno de los ítems, por tal motivo se contó con la ayuda de un médico general, la regente de farmacia y el coordinador médico (personal administrativo), para asignar la valoración de cada ítem y así dar continuidad al enfoque multidisciplinario. La evaluación se realiza con relación a cada uno de los criterios, utilizando valores entre 0 y 1, con el fin de tener la valoración de cada criterio en las mismas unidades y poder compararlos.

La tabla 16 muestra las directrices para evaluar cada ítem de acuerdo a los criterios.

Tabla 16: Criterios de selección de medicamentos y dispositivos médicos.

Criterio	Rango	Directrices
Rotación	(0,9 - 1) Extremadamente alta	Conocimiento de campo.
	(0,8) Alta	
	(0,6 - 0,7) Intermedia	
	(0,4 - 0,5) Baja	
	(0 - 0,3) Extremadamente baja	
Criticidad	(0,8 – 1)	Salva vidas potencialmente, tiene efectos secundarios significativos al cesar el tratamiento.
	(0,5 – 0,7)	Eficaz para el tratamiento de enfermedades menos graves pero importantes
	(0 – 0,4)	Se usa para enfermedades menores o de resolución espontánea.
Sustituibilidad	1 Insustituible	Está comprobado científicamente o en la práctica que no puede ser sustituido por otro.
	(0,7 - 0,9) Preferiblemente no sustituible	Fin terapéutico
	(0,4 - 0,6) Moderadamente sustituible	Sustituirlo no implica malestar o riesgo relevante para la vida o bienestar del paciente.
	(0 - 0,3) Sustituible	No esta decretado por norma que debe ser usado obligatoriamente como tratamiento obligatorio para una patología.

Fuente: elaboración propia.

La valoración del criterio costo se realiza con la información suministrada del costo unitario de los ítems, datos que se deben normalizar para que queden en las mismas unidades de los demás criterios, con el fin de realizar el promedio ponderado con los resultados de este proceso y con los pesos de los criterios, que dará la valoración

final de cada ítem. Para normalizar los datos basados en la unidad se hace uso de la siguiente ecuación.

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} . \quad (28)$$

La valoración de cada ítem es realizada de forma individual por cada uno de los colaboradores, ya que por la extensión de los listados no era posible obtener una opinión unificada. La valoración final es el promedio de cada una de las valoraciones de los ítems, esta actividad se aplica a los criterios rotación, criticidad y sustituibilidad. Los resultados obtenidos se muestran en el anexo B *clasificación y selección de ítems clase A*.

Al realizar el paso anterior se procede a calcular el promedio ponderado de cada ítem para asignarle el peso final a cada uno, una vez se tiene el peso final por ítem, se procede a normalizar los valores obtenidos para llevar a cabo la clasificación ABC. La normalización se hace en base a la fórmula (4). En las ilustraciones 4 y 5 se muestran el inicio del listado de los medicamentos y dispositivos médicos normalizados respectivamente.

Ilustración 4: Promedio ponderado y normalización de los medicamentos analizados.

		PESO				MAX	MIN
		COSTO	CRITICIDAD	ROTACION	SUSTITUIBILIDAD	1,14	0,16
	MEDICAMENTOS	0,069	0,562	0,099	0,269	SUMATORIA	NORMALIZADOS
1	ACETAMINOFEN 100MG/ML GOTAS FX30	0,000056	0,2	0,1	0,2	0,47	0,32
2	ACETAMINOFEN 150 MG JARABE X 60 ML	0,000058	0,3	0,1	0,2	0,51	0,36
3	ACETAMINOFEN 500 MG TABLETAS	0,000002	0,4	0,1	0,2	0,62	0,47
4	ACETIL CISTEINA 100 MG SOBRE	0,000026	0,1	0,0	0,0	0,16	0,00

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 5: Promedio ponderado y normalización de los dispositivos médicos analizados.

		PESO				MAX	MIN
		COSTO	CRITICIDAD	ROTACION	SUSTITUIBILIDAD	1,76	0,33
	DISPOSITIVO MEDICO	0,069	0,562	0,099	0,269	SUMATORIA	NORMALIZADOS
1	AGUJA DESECHABLE 18 X 1	0,000001	0,47	0,09	0,24	0,80	0,33
2	AGUJA DESECHABLE 23 X 1	0,000000	0,13	0,03	0,17	0,33	0,00
3	AGUJA DESECHABLE 25 X 5/8	0,000000	0,21	0,04	0,17	0,41	0,06
4	AGUJA PUNCION LUMBAR 26	0,000438	0,41	0,09	0,27	0,77	0,31

Fuente: elaboración propia.

Una vez se encuentran los datos normalizados se realiza la clasificación ABC, donde se obtiene como resultado 46 medicamentos y 21 dispositivos médicos clase A, los cuales representan el 20% de unidades en cada uno de sus grupos, los listados de los medicamentos y dispositivos médicos clase A se encuentran en el anexo B.

8.3 SELECCIÓN DE MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS CLASE A

Para determinar los medicamentos y dispositivos médicos clase A que serán analizados, se decide realizar una clasificación ABC tradicional, donde se tiene en cuenta como criterio el costo anual de la demanda, criterio monetario que refleja los recursos asignados a la compra de los ítems, para ser consecuentes con el criterio utilizado en la clasificación multicriterio, que es seleccionar el 20% de los ítems iniciales, se procede a tomar los primeros 46 medicamentos y 21 dispositivos médicos.

Al tener el resultado de esta segunda clasificación, se realiza un cruce entre los resultados de la metodología multicriterio anteriormente utilizada, con el objetivo de obtener el listado final de los ítems comunes clase A, dando como resultado 22 ítems que corresponden a 16 medicamentos y 8 dispositivos médicos. Este proceso se realiza con el fin de acotar la cantidad de ítems analizados. En las tablas 17 y 18 se muestran los ítems clase A comunes obtenidos luego del cruce entre las dos clasificaciones.

Tabla 17: Listado de dispositivos médicos clase A comunes de las clasificaciones.

DISPOSITIVOS MÉDICOS TIPO A	
8	Buretrol 150
21	Cateter intravenoso # 20
22	Cateter intravenoso # 22
35	Equipo micronebulizador pediátrico
50	Jeringa 10ml
52	Jeringa 1ml
55	Jeringa 5 ml
78	Sistema de drenaje (pleurovac)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18: Lista de medicamentos clase A comunes de las dos clasificaciones.

MEDICAMENTOS TIPO A	
37	Ampicilia+sulbatan 1.5 mg sicma
62	Butil de hioscina 20mg/1ml amp
63	Butil hiosc+dipirona amp 20mg+2.5 gr
72	Cefalotina 1 gm amp proclin
75	Ceftriaxona 1 gm ampolla
135	Fenitoina sodica (epamin) 250 mg amp/5ml
173	Insulina lantus- glangina 100 ui ml
190	Lidocaina jalea 2% tubo 30ml
203	Meropenem polvo para reconstituir 1 gr
250	Piperacilina/tazobactam x 4.5 gr polvo esteril para inyección vitalis
267	Salbutamol inhalador 100 mg (asthalin)
271	Sodio cloruro 0.9% 500 cc (solución salina)
272	Solución hartman 500 cc
281	Terburop sol/neb 1% x 10 ml terbutalina
289	Tramadol 50 mg ampolla
295	Vancomicina 500mg amp

Fuente: elaboración propia.

8.4 ESTUDIO DE LA DEMANDA

Uno de los aspectos que se debe tener en cuenta es que los ítems estudiados son considerados artículos con demanda independiente ya que la demanda de estos la generan los pacientes que se encuentran en los diferentes servicios, otros aspectos que son tenidos en cuenta, son el patrón de la demanda y el coeficiente de variación, el cual depende del promedio y la desviación estándar de la demanda del periodo estudiado. La importancia de estos aspectos radica, en que son el insumo para la selección del pronóstico que se debe utilizar para cada uno de los ítems.

Al realizar el coeficiente de variación para cada uno de los ítems se obtiene que ninguno de los medicamentos tiene un comportamiento errático, pero sí se evidencia que dos de los ocho dispositivos médicos analizados tienen este comportamiento, lo que implica que se debe aplicar un pronóstico especial para estos ítems. Tras realizar el análisis anterior se procede a calcular la regresión lineal de cada uno de los ítems para así determinar si tienen un comportamiento creciente,

decreciente o uniforme y luego proceder a establecer el pronóstico más adecuado. Del análisis de comportamiento de la demanda se obtienen los resultados mostrados en la tabla 19.

Tabla 19. Comportamiento de la demanda de los dispositivos médicos clase A.

	DISPOSITIVOS MÉDICOS TIPO A	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA
8	Buretrol 150	Creciente
21	Cateter intravenoso # 20	Perpetua
22	Cateter intravenoso # 22	Decreciente
35	Equipo micronebulizador pediátrico	Errática
50	Jeringa 10ml	Decreciente
52	Jeringa 1ml	Decreciente
55	Jeringa 5 ml	Decreciente
78	Sistema de drenaje (pleurovac)	Errática

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Comportamiento de la demanda de los medicamentos clase A.

	MEDICAMENTOS TIPO A	COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA
37	Ampicilia+sulbatan 1.5 mg sicma	Perpetua
62	Butil de hioscina 20mg/1ml amp	Perpetua
63	Butil hiosc+dipirona amp 20mg+2.5 gr	Creciente
72	Cefalotina 1 gm amp proclin	Decreciente
75	Ceftriaxona 1 gm ampolla	Decreciente
135	Fenitoina sodica (epamin) 250 mg amp/5ml	Creciente
173	Insulina lantus- glangina 100 ui ml	Creciente
190	Lidocaina jalea 2% tubo 30ml	Creciente
203	Meropenem polvo para reconstituir 1 gr	Creciente
250	Piperacilina/tazobactam x 4.5 gr polvo estéril para inyección vitalis	Creciente
267	Salbutamol inhalador 100 mg (asthalin)	Creciente
271	Sodio cloruro 0.9% 500 cc (solución salina)	Decreciente
272	Solución hartman 500 cc	Creciente
281	Terburop sol/neb 1% x 10 ml terbutalina	Decreciente
289	Tramadol 50 mg ampolla	Decreciente
295	Vancomicina 500mg amp	Creciente

Fuente: elaboración propia.

8.5 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS

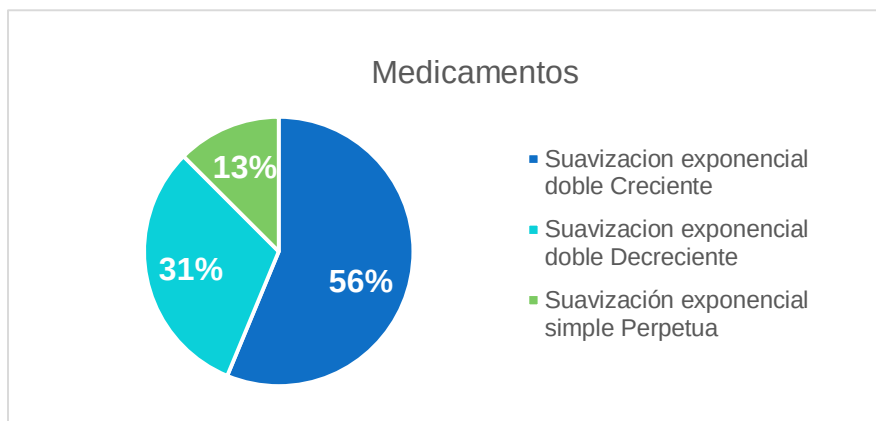
Una vez obtenidos los datos del análisis de la demanda, se procede a asignar el pronóstico más adecuado de acuerdo al comportamiento de la demanda, para esto se tiene en cuenta las relaciones más comunes que son utilizadas en la asignación del pronóstico, como se mostró en la tabla 4 ...en la sección 6.6.2... Por tal razón, para la demanda uniforme se hace uso de pronóstico de suavización exponencial simple, para las demandas crecientes o decrecientes se usa el pronóstico de suavización exponencial doble y para la errática se utiliza el método de Croston.

Para la realización de cada uno de los pronósticos se tiene en cuenta un periodo de inicialización de ocho meses, que corresponde aproximadamente al 33% de los datos, y un periodo de simulación que corresponde a los meses restantes, siendo mensual el periodo del pronóstico.

Para cada uno de los pronósticos se tiene en cuenta como indicador la desviación estándar obtenida a partir del error cuadrático medio *ECM* para realizar la búsqueda del valor α apropiado de acuerdo con los límites trabajados que se encuentran entre 0,01 y 0,3, los cuales han mostrado ser adecuados (Vidal Holguín, 2010), ya que valores superiores a 0,3 pueden causar que el pronóstico responda inadecuadamente a fluctuaciones normales de la demanda, como valores muy bajos pueden generar el caso contrario. Para la elección del α se hace uso del paquete *Solver de Excel* ya que permite optimizar el valor de la celda.

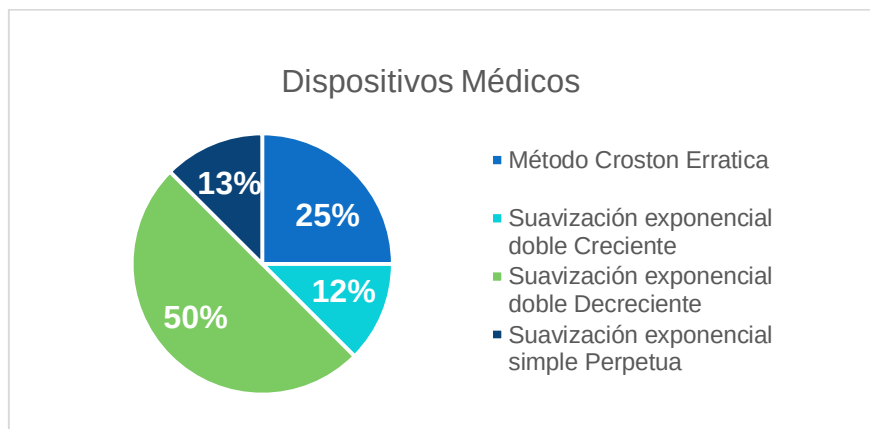
Las ilustraciones 6 y 7 muestran las proporciones en las que se aplican los pronósticos dependiendo del tipo de demanda de los ítems. La ilustración 6 muestra que de los 16 medicamentos clase A, el 87% de los ítems hacen uso del pronóstico de suavización exponencial doble, debido a que presentan un comportamiento creciente o decreciente en la demanda, mientras que al restante le corresponde el pronóstico de suavización exponencial simple pues se trata de ítems con comportamiento uniforme. La ilustración 7 corresponde a los dispositivos médicos clase A, el 63% de los ítems hacen uso del pronóstico de suavización doble, el 25% del método de Croston, ya que presentan un comportamiento errático en la demanda y el 12% corresponde al método de suavización exponencial simple.

Ilustración 6: Distribución de los medicamentos clase A por pronósticos.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 7: Distribución de los dispositivos médicos clase A por pronósticos.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra un ejemplo de los cálculos involucrados en cada tipo de pronóstico. Para mostrar la suavización exponencial simple, la doble y el método de Croston, se utilizan los datos de los siguientes dispositivos médicos respectivamente, buretrol 150, catéter intravenoso No. 20 y el sistema de drenaje pleurovac.

El catéter intravenoso No. 20, es un dispositivo con un patrón de demanda perpetua por lo que se utiliza el método de suavización exponencial simple mostrado ...en la

sección 6.6.2.1... Para realizar el pronóstico se inicia el sistema con el promedio de los primeros valores de la demanda con el objetivo de hallar s_0 , así:

$$s_0 = 2730 + 2483 + 2434 + 2348 + 3339 + 3250 + 1366 + 1050 = 2375 .$$

A partir del valor hallado se encuentran los s_t usando la ecuación (11), con $\alpha = 1\%$, valor determinado con la herramienta *solver* de Excel. De esta manera:

$$s_1 = (0,01)(668) + (1 - 0,01)(2375) \approx 2358 ,$$

$$s_{16} = (0,01)(2483) + (1 - 0,01)(2339) \approx 2341 .$$

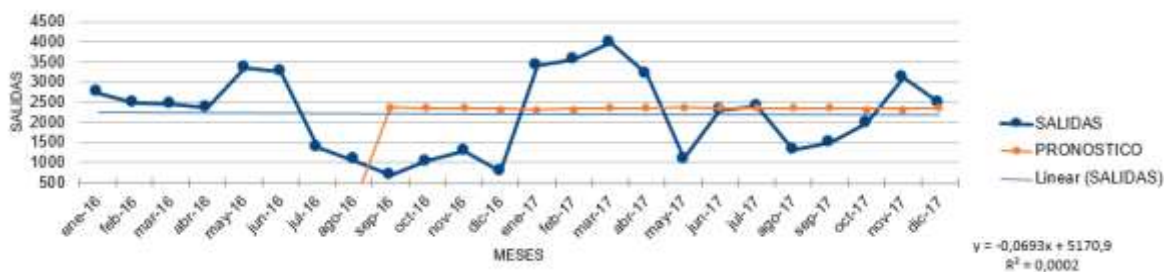
Tabla 21. Resultado del pronóstico de suavización exponencial simple para el catéter intravenoso No. 20

		SALIDAS	PRONOSTICO	ERROR	ERROR	ERROR^2	APE	APE'
1	ene-16	2730						
2	feb-16	2483						
3	mar-16	2434						
4	abr-16	2348						
5	may-16	3339						
6	jun-16	3250						
7	jul-16	1366						
8	ago-16	1050						
9	sep-16	668	2375	-1707	1707	2913849,00	256%	72%
10	oct-16	1043	2358	-1315	1314,93	1729040,90	126%	56%
11	nov-16	1278	2345	-1067	1066,7807	1138021,06	83%	45%
12	dic-16	782	2334	-1552	1552,112893	2409054,43	198%	66%
13	ene-17	3419	2319	1100	1100,408236	1210898,29	32%	47%
14	feb-17	3566	2330	1236	1236,404154	1528695,23	35%	53%
15	mar-17	3971	2342	1629	1629,040112	2653771,69	41%	70%
16	abr-17	3199	2358	841	840,7497109	706860,08	26%	36%
17	may-17	1090	2367	-1277	1276,657786	1629855,10	117%	54%
18	jun-17	2305	2354	-49	48,89120833	2390,35	2%	2%
19	jul-17	2403	2353	50	49,59770375	2459,93	2%	2%
20	ago-17	1323	2354	-1031	1030,898273	1062751,25	78%	44%
21	sep-17	1496	2344	-848	847,5892906	718407,61	57%	36%
22	oct-17	1955	2335	-380	380,1133976	144486,20	19%	16%
23	nov-17	3110	2331	779	778,6877363	606354,59	25%	33%
24	dic-17	2483	2339	144	143,900859	20707,46	6%	6%
25	ene-18		2341					

ALPHA	1%	MAD	ECM	MAPE	MAPE'
		937,74	1154850,20	69%	40%
DESVIACIÓN ESTANDAR		1175,26	1074,64		

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 8. Pronóstico de suavización exponencial simple para el catéter intravenoso No. 20.



Fuente: elaboración propia.

Para el buretrol 150 se hace uso de la suavización exponencial doble, ya que el comportamiento de su demanda es creciente. Para inicializar este pronóstico se requiere conocer s_0 y $s_0^{[2]}$, dados por las ecuaciones (13) y (14) presentadas ...en la sección 6.6.2.2..., quienes a su vez requieren del valor $\hat{b}_1(0)$ descrito por la ecuación (15), y este necesita los valores de $\hat{a}_1(0)$ y $\hat{b}_2(0)$, obtenidos a través de las funciones de Excel *intersección.eje* y *pendiente*. Así:

$$\hat{a}_1(0) \approx 815,96 \quad , \quad \hat{b}_2(0) \approx 117,03 \quad , \quad m = 8 \quad ,$$

de los cuales se obtiene:

$$\hat{b}_1(0) = 815,96 + (8)(117,03) \approx 1752,25 \quad ,$$

$$s_0 \approx 215,74 \quad , \quad s_0^{[2]} \approx -1320,77 \quad ,$$

donde no se tuvo en cuenta el error por truncación decimal propio de Excel.

Para hallar el valor del pronóstico para el primer periodo se hace uso de la ecuación (12)

$$\hat{x}_2(1) = \left(2 + \frac{0,3}{1 - 0,3}\right)(215,74) - \left(1 + \frac{0,3}{1 - 0,3}\right)(-1320,77) \approx 1869,29 \quad .$$

Una vez se inicializa el sistema se deben seguir calculando los valores s_t y $s_t^{[2]}$, dados por las ecuaciones (16) y (17) respectivamente, y a partir de ellos seguir calculando el pronóstico, por ejemplo:

$$s_{16} = 0,3(1112) + (1 - 0,3)(1305,38) \approx 1247,37 \quad ,$$

$$s_{16}^{[2]} = 0,3(1247,37) + (1 - 0,3)(1449,53) \approx 1388,88 \quad ,$$

$$\hat{x}_{17}(16) = \left(2 + \frac{0,3}{1 - 0,3}\right)(1247,37) - \left(1 + \frac{0,3}{1 - 0,3}\right)(1388,88) \approx 1045,20 \quad .$$

Tabla 22. Resultados del pronóstico de suavización exponencial simple para el buretrol150

		SALIDAS	St	S2	PRONOSTICO	ERROR	ERROR	ERROR^2	APE	APE'
1	ene-16	1103								
2	feb-16	1060								
3	mar-16	1298	a1 (0)	815,96429						
4	abr-16	1187	b2 (0)	117,03571						
5	may-16	1049	b1 (0)	1752,25						
6	jun-16	1236								
7	jul-16	1740								
8	ago-16	2068	1479,17	1206,08						
9	sep-16	1430	1464,42	1283,58	1869,29	-439,29	439,2857	192971,94	31%	24%
10	oct-16	1575	1497,59	1347,79	1722,75	-147,75	147,75	21830,06	9%	9%
11	nov-16	1459	1486,01	1389,25	1711,60	-252,60	252,6	63806,76	17%	15%
12	dic-16	1092	1367,81	1382,82	1624,24	-532,24	532,2425	283282,08	49%	33%
13	ene-17	1926	1535,27	1428,55	1346,37	579,63	579,6345	335976,15	30%	43%
14	feb-17	1729	1593,39	1478,00	1687,71	41,29	41,28712	1704,63	2%	2%
15	mar-17	1971	1706,67	1546,60	1758,22	212,78	212,7811	45275,78	11%	12%
16	abr-17	2005	1796,17	1621,47	1935,34	69,66	69,66281	4852,91	3%	4%
17	may-17	2168	1907,72	1707,35	2045,73	122,27	122,2652	14948,78	6%	6%
18	jun-17	1973	1927,30	1773,33	2193,96	-220,96	220,9635	48824,86	11%	10%
19	jul-17	1510	1802,11	1781,97	2147,26	-637,26	637,2588	406098,82	42%	30%
20	ago-17	951	1546,78	1711,41	1830,89	-879,89	879,8903	774206,87	93%	48%
21	sep-17	952	1368,34	1608,49	1311,59	-359,59	359,5895	129304,63	38%	27%
22	oct-17	1089	1284,54	1511,31	1025,28	63,72	63,72088	4060,35	6%	6%
23	nov-17	1354	1305,38	1449,53	960,59	393,41	393,4081	154769,94	29%	41%
24	dic-17	1112	1247,37	1388,88	1099,45	12,55	12,54811	157,46	1%	1%
25	ene-18				1045,20					

ALPHA	30%	MAD	ECM	MAPE	MAPE'
BETHA	0.70	310,31	155129,50	24%	19%
DESVIACIÓN ESTANDAR		388,91	393,86		

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 9. Pronóstico de suavización exponencial simple para el buretrol150.



Fuente: elaboración propia.

Para el sistema de drenaje pleurovac, al tener un comportamiento errático de la demanda, se hace uso del método de Croston descrito ...en la sección 6.6.2.3... Inicializar el sistema requiere conocer $\hat{n}_0$ y $\hat{z}_0$, para calcularlos se toma como base los primeros ocho datos de la demanda, donde se utilizan dos contadores que llevan la cuenta del número de periodos entre demandas positivas. Por ejemplo, como la primera demanda positiva del año ocurre en el mes 2 (1 unidad) y la segunda demanda positiva se observa en el mes 3 (3 unidades), ha transcurrido 1 mes entre estos sucesos, por lo tanto, este sería el primer valor de n a tener en cuenta para el cálculo, como muestra el contador de la segunda columna. Como el siguiente mes positivo ocurre en el mes 4 (1 unidad), se cuenta 1 periodo entre demandas positivas, siendo el segundo valor a considerar para la estimación del promedio del intervalo entre demandas positivas. Continuando de esta forma, se obtiene la estimación de $\hat{n}_0$ como el promedio de los valores observados de n , así:

$$\hat{n}_0 = \frac{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1}{6} = 1 .$$

Por otra parte, el tamaño promedio de las demandas positivas se estima con base en los valores observados en los primeros ocho meses, así:

$$\hat{z}_0 = \frac{1 + 3 + 1 + 1 + 1 + 1 + 3}{7} = 1,57 .$$

De aquí en adelante se aplican las ecuaciones (18) y (19), cuando ocurren demandas positivas o no se hace actualización alguna cuando las demandas son iguales a cero. Por ejemplo, en el mes 10 no ocurrió demanda; por lo tanto, no se modifican los valores de $\hat{n}_{10}$ y $\hat{z}_{10}$, de igual manera ocurre en el mes 14. Por el contrario, en el mes 11 ocurre una demanda de 1 unidad, entonces aquí se actualizan los valores, es decir:

$$\hat{n}_{11} = 0,3(3) + (1 - 0,3)(1) = 1,6 ,$$

$$\hat{z}_{11} = 0,3(1) + (1 - 0,3)(1,57) = 1,4 .$$

Una vez obtenidos los valores de $\hat{n}_t$ y $\hat{z}_t$, se procede a calcular el pronóstico con la ecuación (20), así:

$$\hat{x}_{11} = \frac{1,4}{1,6} \approx 0,88 .$$

Tabla 23. Resultado del pronóstico del método Croston para el sistema de drenaje pleurovac.

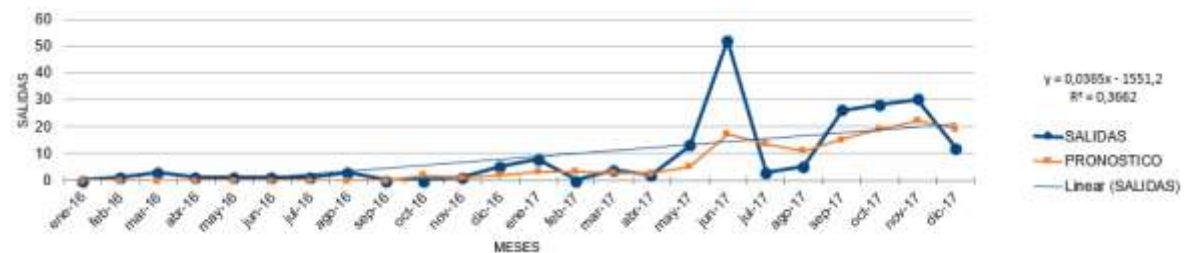
		SALIDAS	no	no2	n1	z1	contador	PRONOSTICO	ERROR	ERROR	ERROR*2	APE	APE'
1	ene-16	0											
2	feb-16	1	1										
3	mar-16	3	1	1									
4	abr-16	1	1	1									
5	may-16	1	1	1									
6	jun-16	1	1	1									
7	jul-16	1	1	1									
8	ago-16	3	1	1									
9	sep-16	0	2	0									
10	oct-16	0											
11	nov-16	1											
12	dic-16	5											
13	ene-17	8											
14	feb-17	0											
15	mar-17	4											
16	abr-17	2											
17	may-17	13											
18	jun-17	52											
19	jul-17	3											
20	ago-17	5											
21	sep-17	26											
22	oct-17	28											
23	nov-17	30											
24	dic-17	12											

1,00	1,57	2	1,57	-2	1,571429	2,47		100%
1,60	1,40	3	0,88	0	0,125	0,02	13%	14%
1,42	2,48	1	1,75	3	3,253521	10,59	65%	186%
1,29	4,14	1	3,20	5	4,803709	23,08	60%	150%
1,29	4,14	1	3,20	-3	3,196291	10,22		100%
1,51	4,10	2	2,72	1	1,280383	1,64	32%	47%
1,35	3,47	1	2,56	-1	0,560182	0,31	28%	22%
1,25	6,33	1	5,07	8	7,929929	62,88	61%	156%
1,17	20,03	1	17,07	35	34,93239	1220,27	67%	205%
1,12	14,92	1	13,30	-10	10,30434	106,18	343%	77%
1,09	11,94	1	11,01	-6	6,008233	36,10	120%	55%
1,06	16,16	1	15,25	11	10,74684	115,49	41%	70%
1,04	19,71	1	18,92	9	9,075708	82,37	32%	48%
1,03	22,80	1	22,15	8	7,847135	61,58	26%	35%
1,02	19,58	1	19,17	-7	7,16793	51,38	60%	37%

ALPHA	30%	MAD	ECM	MAPE	MAPE'
		7,25	118,97	73%	87%
DESVIACIÓN ESTANDAR		9,09	10,91		

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 10. Pronóstico del método de Croston para el sistema de drenaje pleurovac.



Fuente: elaboración propia.

El resultado de los pronósticos de cada uno de los medicamentos y dispositivos médicos se encuentra disponible en el anexo C *pronósticos ítems clase A*.

9. SISTEMAS DE GESTIÓN DE INVENTARIO

Para la selección del sistema de control de inventarios se tuvo en cuenta las siguientes condiciones del entorno en el que se realiza el estudio:

- No se tiene conocimiento de las cantidades que hay en existencia a tiempo real.
- Se tienen ítems cargados en diferentes bodegas virtuales que no representan las cantidades en físico, ya que las crean para poder descargar ítems.
- El personal disponible en el servicio es de 3 personas.
- Los pedidos individuales generan un mayor costo

El sistema de control seleccionado corresponde al sistema periódico (R, S) o también conocido como ciclo de reposición, utilizado en organizaciones que no cuentan con un control sistematizado, por lo que es un tipo de control adecuado para el sistema de estudio, ya que, aunque la institución cuenta con un sistema informático donde se registra el inventario, este no brinda información confiable. Este sistema permite coordinar la solicitud de varios ítems al tiempo, debido a que se hace una revisión del inventario cada R unidades de tiempo de cierta cantidad de elementos y se ordena una cantidad tal que haga subir el inventario a un punto máximo S . Por otro lado, el sistema continuo (s, Q) es descartado porque la entidad no cuenta con información del estado del inventario a tiempo real, lo cual dificulta el seguimiento continuo que caracteriza este método.

Para la elaboración de la política se tiene en cuenta que el nivel de servicio deseado por el personal administrativo de la entidad corresponde al 95%, como segundo escenario se realizarán los cálculos con un nivel de servicio del 98%, valores que son tomados como la probabilidad específica P_1 de no tener faltantes en un ciclo de reposición, y también se tomará como el valor de P_2 que representa la proporción de la demanda que es satisfecha con el inventario que se tiene en las estanterías del servicio farmacéutico, esta fracción es conocida como *fill rate*.

El inventario de seguridad se calcula con base en un P_1 o un P_2 y en la desviación estándar de los errores del pronóstico que, para este caso, se trabaja específicamente con la desviación obtenida del error cuadrático medio (*ECM*). También se realiza un estudio de los resultados que arroja al aplicar cada uno de los factores. Con P_2 especificado, se obtendrá para cada uno de los ítems un k

específico buscando siempre el mismo nivel de servicio, para esto se hace uso de la función $G_z(k)$ descrita más adelante. Con la probabilidad P_1 , se obtiene el valor de k a partir de la función $P_z(k)$. En ambos casos se hace uso del apéndice A de (Vidal Holguín, 2010) para hallar los valores de k de acuerdo a las funciones requeridas, de igual manera se halla P_1 para cada ítem cuando la base del cálculo es la proporción P_2 , y los valores de P_2 para cada ítem cuando la base del cálculo es P_1 . Para el cálculo del inventario de seguridad se utiliza el segundo término de la ecuación (26) descrita ...en la sección 6.7.2...

El cálculo del intervalo de revisión se hace a partir de la cantidad óptima de pedido que fue descrita ...en la sección 6.7.2..., en la cual se tiene en cuenta el costo de cada uno de los ítems clase A y la cantidad promedio de unidades que fueron dispensadas en un año, junto con el costo de ordenar y mantener el inventario. Para hallar el periodo de revisión de cada ítem se hace uso de la ecuación (25), donde las unidades y cantidades valoradas son anuales, pero finalmente son expresadas en meses ya que esta es la unidad de tiempo en la que se basa todo el análisis realizado durante el proceso.

El nivel máximo de inventario se calcula teniendo en cuenta el inventario de seguridad y la demanda pronosticada las cuales son estimadas en un intervalo de tiempo igual a $R + L$, donde R es el tiempo de revisión del inventario y L es el lead time. El cálculo se realiza de acuerdo a la ecuación (27) mostrada ...en la sección 6.7.2.

Se debe tener en cuenta que para este tipo de sistema se requiere un costo de pedir incrementado A' descrito ...en la sección 7.2.1..., donde se muestra el resultado del costo que corresponde a \$34.675 pesos. Para hallar este valor se tomó en cuenta el tiempo que le toma al personal hacer la revisión del inventario para realizar los pedidos, por tal motivo no se realiza un incremento a este valor.

Para efectos demostrativos se realiza el paso a paso realizado para obtener el periodo de revisión R y el nivel máximo de inventario S de acuerdo al P especificado utilizado para un ítem. Como ejemplo se toma el dispositivo médico Buretrol 150. En las tablas 21 y 22 de esta misma sección se mostrarán los resultados obtenidos para cada uno de los medicamentos y dispositivos médicos clase A.

Dispositivo médico: Buretrol 150 (Cód. 8)

Lead time (L): 0,1 meses

Nivel de servicio especificado (P_2): 95%

Costo de mantener (r): 9.21%
 Costo de pedir (A'): \$34.675
 Demanda promedio anual (D): 17.519
 Costo (v): 2897 \$/und.
 Desviación estándar del pronóstico (σ_1): 393.86
 Resultado del pronóstico (d): 1045 und.

Para hallar el periodo de revisión se tiene en cuenta la cantidad económica de pedido que para este caso se nombra DR ya que en este sistema la demanda es variable. Para hallarlo se hace uso de la ecuación (29).

$$DR = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} \quad (29)$$

Al dividir la ecuación (29) sobre la demanda promedio anual D se obtiene la ecuación (24) descrita ...en la sección 6.7.2...que es la utilizada a continuación, para finalmente hallar el valor de R .

$$R = \sqrt{\frac{(2)(34.675)}{(17.519)(2897)(0.0921)}} = 0,122 \text{ años} * \frac{52}{4} = 1,58 \text{ meses} \approx 2 \text{ meses} .$$

Desviación estándar estimada para los errores del pronóstico en un tiempo $R + L$:

$$\sigma_{R+L} = 393,86\sqrt{1.58 + 0.1} \approx 511 .$$

Demanda pronosticada para un tiempo $R + L$:

$$\hat{x}_{R+L} = 1045 * (1.58 + 0.1) = 1760 .$$

Inventario máximo a partir de P_2 especificado

El valor de k se determina por medio de la ecuación de la función $G_z(k)$ descrita en la ecuación (30). Esta ecuación considera que todo faltante se convierte en una orden pendiente.

$$G_z(k) = \frac{DR}{\sigma_{R+L}} (1 - P_2) . \quad (30)$$

De donde se obtiene el siguiente resultado:

$$G_z(k) = \frac{2.134}{1014,63} (1 - 0,95) = 0,1051 .$$

Por lo tanto, el valor de k corresponde a 0,46, este valor se obtiene de la tabla del apéndice A de (Vidal Holguín, 2010)

Finalmente se calcula el valor máximo del inventario S , de acuerdo a la ecuación (27) mostrada ...en la sección 6.7.2...

$$S = 1760 + (0,46 * 511) = 1995 \text{ und} .$$

Para hallar el valor de P_1 , que es la probabilidad de no tener faltantes en el ciclo de reposición, a partir del apéndice A también se extrae el valor de la función $P_z(k)$ correspondiente para el valor de $G_z(k)$ que fue calculado, una vez se obtiene se hace uso de la ecuación (31) para hallar el valor de P_1 .

$$P_z(k) = 1 - P_1 . \quad (31)$$

Para este ejemplo $P_z(k) = 0,323$, y despejando P_1 de la ecuación (31), se obtiene que la probabilidad de no tener faltantes en el ciclo de reposición es del 68% aproximadamente, lo que quiere decir que hay una probabilidad del 32% de haya inexistencias del dispositivo médico, antes de llegar al periodo de revisión del inventario, lo que implica que no se cumpla con el nivel de servicio deseado y que la política propuesta no satisface las necesidades del sistema.

Inventario máximo a partir de P_1 especificado.

Este análisis se basa en la no ocurrencia faltantes en el periodo de reposición con una probabilidad del 95%, por lo tanto, para hallar el valor de k se hace uso de la ecuación (31), de donde se obtiene que la función $P_z(k)$ tiene un valor de 0.05 para todos los ítems.

$$P_z(k) = 1 - 0.95 = 0,05 .$$

Por lo tanto, el valor de k corresponde a 1,64, este valor se obtiene de la tabla del apéndice A de (Vidal Holguín, 2010). Con este valor para k se calcula de nuevo el nivel máximo de inventario, dando como resultado 2598 unidades.

$$S = 1760 + (1,64 * 511) \approx 2598 \text{ und} .$$

Del apéndice A se extrae el valor de la función $G_z(k)$ correspondiente al $P_z(k)$ calculado. Luego se hace uso de la ecuación (30) para hallar el valor de P_2 , que es la proporción de satisfacer la demanda con el inventario a la mano.

Para este ejemplo, $G_z(k) = 0,021$, y despejando de la ecuación (30) la variable P_2 , se obtiene que la fracción de la demanda satisfecha con el inventario a la mano es del 99,5% aproximadamente.

$$P_2 = 1 - \frac{(0,021)(511)}{2.134} = 99,49\% .$$

Este es el mismo procedimiento que se realiza para hallar el periodo de revisión y nivel máximo de inventario para cada uno de los ítems clase A. En las tablas 21 y 22 se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al P_1 y P_2 utilizado en cada escenario.

Teniendo en mente las tablas 21 y 22, para cada uno de los ítems, la lectura de la política de control se hace de la siguiente manera, de acuerdo a los escenarios:

Escenario uno: nivel de servicio del 95%

- **Para P_2 especificado**

Para el **ítem** se debe revisar el inventario cada R meses y ordenar una cantidad igual a S **para P_2 especificado** unidades menos el inventario efectivo al momento de la revisión. Mediante este método, se conseguirá satisfacer la demanda del inventario a la mano en un 95% de las veces.

- **Para P_1 especificado**

Para el **ítem** se debe revisar el inventario cada R meses y ordenar una cantidad igual a S **para P_1 especificado** unidades menos el inventario efectivo al momento de la revisión. Mediante este método, se conseguirá satisfacer la demanda con un nivel de riesgo del 5% de que ocurra un faltante por ciclo de reposición.

Escenario dos: nivel de servicio del 98%

- **Para P_2 especificado**

Para el *ítem* se debe revisar el inventario cada R meses y ordenar una cantidad igual a S para P_2 especificado unidades menos el inventario efectivo al momento de la revisión. Mediante este método, se conseguirá satisfacer la demanda del inventario a la mano en un 98% de las veces.

- **Para P_1 especificado**

Para el *ítem* se debe revisar el inventario cada R meses y ordenar una cantidad igual a S para P_1 especificado unidades menos el inventario efectivo al momento de la revisión. Mediante este método, se conseguirá satisfacer la demanda con un nivel de riesgo del 2% de que ocurra un faltante por ciclo de reposición.

Para observar los resultados de los sistemas de control propuestos de forma completa ver anexo D *sistema de control*.

Tabla 24. Sistema de control (R,S) de dispositivos médicos clase A.

	Cód.	R	S para P2 = 95% especificado	S para P1 = 95% especificado	S para P2 = 98% especificado	S para P1 = 98% especificado
DISPOSITIVOS	8	2	1995	2598	2266	2807
	21	2	5662	6943	6362	7554
	22	1	996	1271	1236	1505
	35	3	1329	1606	1526	1789
	50	1	34428	46563	43746	55448
	52	1	2379	3089	2925	3609
	55	3	9172	14168	9172	16119
	78	3	84	93	92	101

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Sistema de control (R, S) de medicamentos clase A.

	Cód.	R	S para P2 = 95% especificado	S para P1 = 95% especificado	S para P2 = 98% especificado	S para P1 = 98% especificado
MEDICAMENTOS	37	1	7044	8553	8066	9505
	62	3	3968	4747	4314	5000
	63	2	3971	4891	4515	5387
	72	1	2663	3539	3215	4031
	75	2	1336	1902	1591	2096
	135	4	957	1254	1121	1395
	173	0,5	912	991	1022	1106
	190	4	577	672	616	699
	203	1	451	586	580	715
	250	1	2374	2827	2779	3222
	267	3	1125	1330	1255	1445
	271	1	14756	18585	17309	20964
	272	3	4310	5154	4750	5523
	281	1	3348	4079	3725	4394
	289	3	5610	7543	6509	8239
	295	2	1226	1527	1453	1743

Fuente: elaboración propia.

Al utilizar niveles de servicio diferentes se afecta el nivel de inventario de seguridad, lo que trae como consecuencia un cambio en el inventario máximo ya que este es la suma del inventario de seguridad (*IS*) y el resultado del pronóstico. En este caso al plantear un nivel de servicio del 98% como segundo escenario, genera un incremento en el nivel máximo del inventario (*S*), incrementando al mismo tiempo el costo total relevante, como se analiza en la siguiente sección.

10.EVALUACIÓN DE POLÍTICA DE CONTROL PROPUESTA

10.1 EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA PROPUESTA

La evaluación detallada a continuación, es la alternativa que se encontró como respuesta, a la negativa de la institución para dar las cantidades de las compras realizadas para los dispositivos y medicamentos clase A aquí identificados.

La evaluación realizada para la política de los ítems se basa en el estudio de los parámetros arrojados por el sistema de control, que son, el periodo de revisión y el inventario máximo para cada uno de los medicamentos y dispositivos médicos clase A. Específicamente se evalúa si las salidas (demanda) de un periodo del 2018 son cubiertas con los parámetros de la política, es decir que no ocurran faltantes en los ítems analizados durante el tiempo en que transcurre una revisión y el momento en que llega el pedido.

Para cada uno de los ítems se tiene la demanda del año 2018, que se presenta de forma diaria, para graficar el inventario máximo, el periodo de revisión, el lead time, el inventario efectivo y así poder observar fácilmente cualquier alteración.

Se debe tener en cuenta que los periodos de revisión no dan valores enteros, pero estos son aproximados al valor entero más próximo, para así poder hacer revisiones de varios ítems en un periodo de revisión.

El sistema de control se calculó teniendo en cuenta dos escenarios con dos factores, P_1 y P_2 , como se explicó ...en la sección 9... por lo tanto, el inventario máximo cambia de acuerdo al parámetro utilizado, en este sentido, se analizan los cuatro resultados comparando el nivel de servicio ofrecido y su costo total relevante. Para realizar el análisis se asume que el nivel de inventario con el que arranca el servicio farmacéutico es el nivel máximo calculado.

De acuerdo a las tablas 23 y 24 se puede observar que utilizando la proporción P_2 , la cual corresponde a responder la demanda con el inventario a la mano un 95% de las veces, da como resultado una cantidad menor en el nivel máximo de inventario de todos los ítems analizados respecto a las cantidades que se obtienen con la probabilidad P_1 , la cual tiene un riesgo de agotados del 5%. Por otro lado, al hallar el riesgo de faltantes para cada uno de los ítems utilizando P_2 , se obtienen valores entre el 8% y 40% aproximadamente, que son valores muy altos cuando se busca

mejorar el nivel de servicio. Para el escenario dos al utilizar la proporción P_2 , la cual corresponde a responder la demanda con el inventario a la mano un 98% de las veces, da como resultado una cantidad menor en el nivel máximo de inventario de todos los ítems analizados respecto a las cantidades que se obtienen con la probabilidad P_1 , la cual tiene un riesgo de agotados del 2%, como es de esperar. Por otro lado, al hallar el riesgo de faltantes para cada uno de los ítems utilizando P_2 , se obtienen valores entre el 4% y 28% aproximadamente, reduciendo la brecha de faltantes respecto al escenario uno, que corresponde a un nivel de servicio del 95%.

También se obtiene que el costo total relevante (CTR) es menor para cada uno de los medicamentos y dispositivos médicos analizados. Para hallar este valor se hace uso de la ecuación (32) que se muestra a continuación:

$$CTR = \frac{A'}{R} + \left(\frac{DR}{2} + k\sigma_{R+L} \right) vr + \frac{1}{R} (B_2 v) \sigma_{R+L} G_z(k), \quad (32)$$

donde B_2 es el costo específico por cada unidad faltante. Este parametro no se tiene en cuenta pues no se conoce la fracción B_2 para cada ítem, para no suprimir el último término de la ecuación se asume que el termino es 1.

Para ejemplificar el cálculo del CTR , se toman los datos obtenidos haciendo uso del P_2 especificado del buretrol 150. Este se realiza de la misma manera para todos los ítems estudiados, independientemente del P especificado realizado.

$$CTR = \frac{34.675}{2} + \left(\frac{2.134}{2} + (0,46)(511) \right) (2.897)(0,0921) + \frac{1}{2} (511)(0,219),$$

$$CTR_{buretrol} \approx 369.335 .$$

En el escenario uno, el costo total relevante de los ítems tiene un valor total de \$22'664.986 pesos haciendo uso de P_2 , mientras que con P_1 especificado tiene un costo de \$28'776.639 pesos, factor que genera un incremento de \$6'111.653 pesos en el CTR del primer escenario. En el escenario dos, el CTR con el factor P_2 es de \$27'710.050 pesos y con el P_1 es de \$33'701.559 el cual genera una diferencia de \$5'991.509 pesos, que es menor a la diferencia generada en el escenario uno, pero representa un incremento del 21,2% entre la probabilidad P_1 del escenario uno respecto al segundo, y del 17.8% con el factor P_2 entre los dos escenarios.

En el escenario uno al hallar el inventario máximo a partir de la probabilidad P_1 , que corresponde a satisfacer la demanda con un nivel de riesgo de faltantes del 5%, se obtienen valores más altos en los inventarios máximos que aumentan el costo total relevante CTR para todos los ítems, pero se obtiene que la demanda de todos los ítems será satisfecha con el inventario a la mano un 98% de las veces como mínimo, que es un valor superior al que se planteó como P_2 para calcular el sistema de control. En el escenario dos satisfacer la demanda con un nivel de riesgo de faltantes del 2%, se obtiene que se puede satisfacer la demanda con el inventario a la mano un 99.1% de las veces como mínimo, lo que mejora la satisfacción de la demanda con el inventario a la mano en un 1%, pero aumenta los costos totales en un 17,8%, respecto al escenario1.

Las tablas 23 y 24 muestran los valores de P_1 y P_2 para cada política, y el CTR con el tiempo de revisión R establecido y el nivel máximo de inventario S correspondiente.

Al evaluar el sistema de control de cada ítem para el primer periodo de revisión, a partir de las gráficas del anexo E, donde se muestra la demanda real, el inventario máximo y el inventario de seguridad, se observa que los parámetros obtenidos a partir de los diferentes factores utilizados, en el escenario 1 satisfacen la demanda para el 62.5% de los dispositivos médicos y los medicamentos, y con el escenario dos se satisface la demanda del 66,7% de los insumos.

Los dispositivos médicos y medicamentos, que se desabastecen antes de llegar al momento de la revisión, utilizando cualquiera de los P especificado en el escenario 1 son: buretrol 150, catéter intravenoso No. 22, jeringa 1ml, ceftriaxona 1mg, fenitoina sódica 250 mg, piperaciclina tazobactam 4,5 gr, sodio cloruro 500cc, solución Hartman 500cc y el tramadol 50mg. En el escenario dos, con un nivel de servicio del 98%, solo la piperaciclina tazobactam 4,5 gr logra satisfacer la demanda que ocurre entre periodos de revisión sin incurrir en faltantes.

Analizando las cantidades consumidas en el primer mes del 2018 versus las cantidades demandadas los últimos 6 meses del 2017, se evidencian consumos hasta del 50% por encima de los históricos mensuales, es decir, se presentan fluctuaciones abruptas, como consecuencia los pronósticos establecidos no responden eficientemente a las necesidades del sistema para estos insumos, ya que la base del cálculo del pronóstico corresponde a los datos históricos de la demanda de los años 2016 y 2017.

Tabla 26. Resultados de sistema de control (R,S) con P1 y P2 especificado para los dispositivos médicos para cada escenario.

	Cód.	R	Escenario 1						Escenario 2					
			P2 = 95%			P1 = 95%			P2 = 98%			P1 = 98%		
			S	P1	CTR	S	P2	CTR	S	P1	CTR	S	P2	CTR
DISPOSITIVOS MEDICOS	8	2	1995	67,7%	\$ 369.335	2598	99,5%	\$ 530.154	2266	83,9%	\$ 441.554	2807	99,8%	\$ 586.048
	21	2	5662	78,2%	\$ 420.986	6943	99,2%	\$ 591.250	6362	89,4%	\$ 514.022	7554	99,7%	\$ 672.452
	22	1	996	87,7%	\$ 2.484.396	1271	98,3%	\$ 3.142.258	1236	94,3%	\$ 3.060.023	1505	99,4%	\$ 3.704.202
	35	3	1329	84,6%	\$ 340.783	1606	98,7%	\$ 453.102	1526	92,8%	\$ 420.492	1789	99,5%	\$ 527.380
	50	1	34428	86,0%	\$ 981.563	46563	98,5%	\$ 1.279.082	43746	93,4%	\$ 1.209.936	55448	99,5%	\$ 1.497.315
	52	1	2379	86,0%	\$ 1.376.751	3089	98,5%	\$ 1.795.085	2925	93,4%	\$ 1.697.965	3609	99,5%	\$ 2.101.399
	55	3	9172	72,2%	\$ 194.186	14168	99,4%	\$ 277.488	9172	72,2%	\$ 194.038	16119	99,8%	\$ 310.080
	78	3	84	87,7%	\$ 433.655	93	98,3%	\$ 548.184	92	94,3%	\$ 533.868	101	99,4%	\$ 646.012
					\$ 6.232.320				\$ 8.086.449				\$ 7.630.345	\$ 9.458.840

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Resultados de sistema de control (R,S) con P1 y P2 especificado para los medicamentos para cada escenario.

	Cód.	R	Escenario 1						Escenario 2					
			P2 = 95%			P1 = 95%			P2 = 98%			P1 = 98%		
			S	P1	CTR	S	P2	CTR	S	P1	CTR	S	P2	CTR
MEDICAMENTOS	37	1	7044	83,9%	\$ 939.601	8553	98,8%	\$ 1.259.081	8066	92,4%	\$ 1.155.848	9505	99,6%	\$ 1.460.657
	62	3	3968	64,8%	\$ 199.508	4747	99,6%	\$ 285.563	4314	82,6%	\$ 237.745	5000	99,8%	\$ 313.578
	63	2	3971	81,1%	\$ 424.954	4891	99,0%	\$ 585.893	4515	90,8%	\$ 520.238	5387	99,6%	\$ 672.733
	72	1	2663	81,9%	\$ 608.479	3539	98,9%	\$ 834.321	3215	91,5%	\$ 750.782	4031	99,6%	\$ 961.188
	75	2	1336	67,0%	\$ 303.192	1902	99,5%	\$ 433.552	1591	83,6%	\$ 361.844	2096	99,8%	\$ 478.105
	135	4	957	77,9%	\$ 197.791	1254	99,2%	\$ 278.840	1121	89,4%	\$ 242.506	1395	99,7%	\$ 317.038
	173	0,5	912	91,3%	\$ 6.997.408	991	97,3%	\$ 8.092.522	1022	96,0%	\$ 8.522.748	1106	99,1%	\$ 9.696.095
	190	4	577	59,1%	\$ 140.350	672	99,6%	\$ 198.819	616	79,1%	\$ 164.400	699	99,9%	\$ 215.822
	203	1	451	88,7%	\$ 1.104.453	586	98,1%	\$ 1.367.583	580	94,7%	\$ 1.355.344	715	99,3%	\$ 1.618.478
	250	1	2374	87,9%	\$ 1.714.947	2827	98,2%	\$ 2.159.368	2779	94,4%	\$ 2.112.088	3222	99,4%	\$ 2.547.079
	267	3	1125	81,9%	\$ 282.316	1330	98,9%	\$ 387.057	1255	91,5%	\$ 348.316	1445	99,6%	\$ 445.886
	271	1	1475 6	83,6%	\$ 1.488.075	18585	98,8%	\$ 1.998.326	17309	92,2%	\$ 1.828.171	2096 4	99,6%	\$ 2.315.540
	272	3	4310	75,8%	\$ 264.224	5154	99,3%	\$ 375.043	4750	88,3%	\$ 321.984	5523	99,7%	\$ 423.392
	281	1	3348	75,5%	\$ 867.923	4079	99,3%	\$ 1.232.555	3725	88,1%	\$ 1.055.974	4394	99,7%	\$ 1.389.961
	289	3	5610	69,1%	\$ 204.294	7543	99,5%	\$ 293.061	6509	84,8%	\$ 245.542	8239	99,8%	\$ 325.014
	295	2	1226	85,8%	\$ 695.150	1527	98,6%	\$ 908.606	1453	93,3%	\$ 856.177	1743	99,5%	\$ 1.062.152
					\$ 16.432.666				\$ 20.690.190				\$ 20.079.705	\$ 24.242.719

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se prestan los faltantes de cada uno de los insumos mencionados anteriormente:

Buretrol 150: de acuerdo al inventario máximo $S = 1995 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 4490 unidades de faltantes, incurriendo en un nivel de riesgo del 32,3%, por otro lado, el $S = 2598 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 2577 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 42,6% aproximadamente. En el escenario dos el $S = 2266 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 16,1%, se tienen 1870 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 2807 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2% que dejan 1285 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 31.3%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 58,4% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 50% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 16,4% y del 9,5% en el *CTR* de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Catéter intravenoso No. 22: de acuerdo al inventario máximo $S = 996 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 712 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 12,3%, por otro lado, el $S = 1271 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 408 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 42,7% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 1236 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 5,7%, se tienen 519 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 1505 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2% que dejan 180 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 65,3%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 27,1% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 55,9% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 18,9% y del 15,2% en el *CTR* de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Jeringa 1ml, de acuerdo al inventario máximo $S = 2379 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 1855 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 14%, por otro lado, el $S = 3089 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 1070 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias con este en un 42,3% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 2925 \text{ und.}$ hallado. Con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 6,6%, se tienen 1244 faltantes, con el factor P_1

se obtiene un $S = 3609 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2% que dejan 615 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 50,6%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 32,9% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 42,5% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 18,9% y del 14,6% en el CTR de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Ceftriaxona 1mg: de acuerdo al inventario máximo $S = 1336 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 1219 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 33%, por otro lado, el $S = 1902 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 672 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 44,9% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 1591 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 16,4% se tienen 967 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 2096 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2%, que dejan 435 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 55%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 20,7% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 35,3% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 16,2% y del 9,3% en el CTR de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Fenitoina sódica 250mg: de acuerdo al inventario máximo $S = 957 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 1020 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 22,1%, por otro lado, el $S = 1254 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 723 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 29,1% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 1121 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 10,6% se tienen 880 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 1395 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2%, que dejan 588 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 33,2%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 13,7% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 18,7% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 18,4% y del 12% en el CTR de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Piperacilina/tazobactam 4,5gr: de acuerdo al inventario máximo $S = 2374 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 632 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo

del 12,1%, por otro lado, el $S = 2827 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 225 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 64,4% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 2779 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 5,6%, se tienen 225 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 3222 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2% que dejan 0 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 100%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 64,4% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 100% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 18,8% y del 15,2% en el CTR de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Sodio cloruro 0,9% 500cc: de acuerdo al inventario máximo $S = 14756 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 9451 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 16,4%, por otro lado, el $S = 18585 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 5659 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 40,1% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 17309 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 7,8%, se tienen 7096 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 20964 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2% que dejan 3078 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 56,6%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 24,9% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 45,6% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 18,6% y del 13,7% en el CTR de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Solución Hartman 500cc: de acuerdo al inventario máximo $S = 4310 \text{ und.}$ hallado con P_2 , se tienen 3413 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 24,2%, por otro lado, el $S = 5154 \text{ und.}$ hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 2517 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 26,3% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 4750 \text{ und.}$ hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 11,7%, se tienen 2959 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 5523 \text{ und.}$ con un nivel de riesgo del 2% que dejan 2144 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 27,5%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 13,3% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 14,8% en el

escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 17,9% y del 11,4% en el *CTR* de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

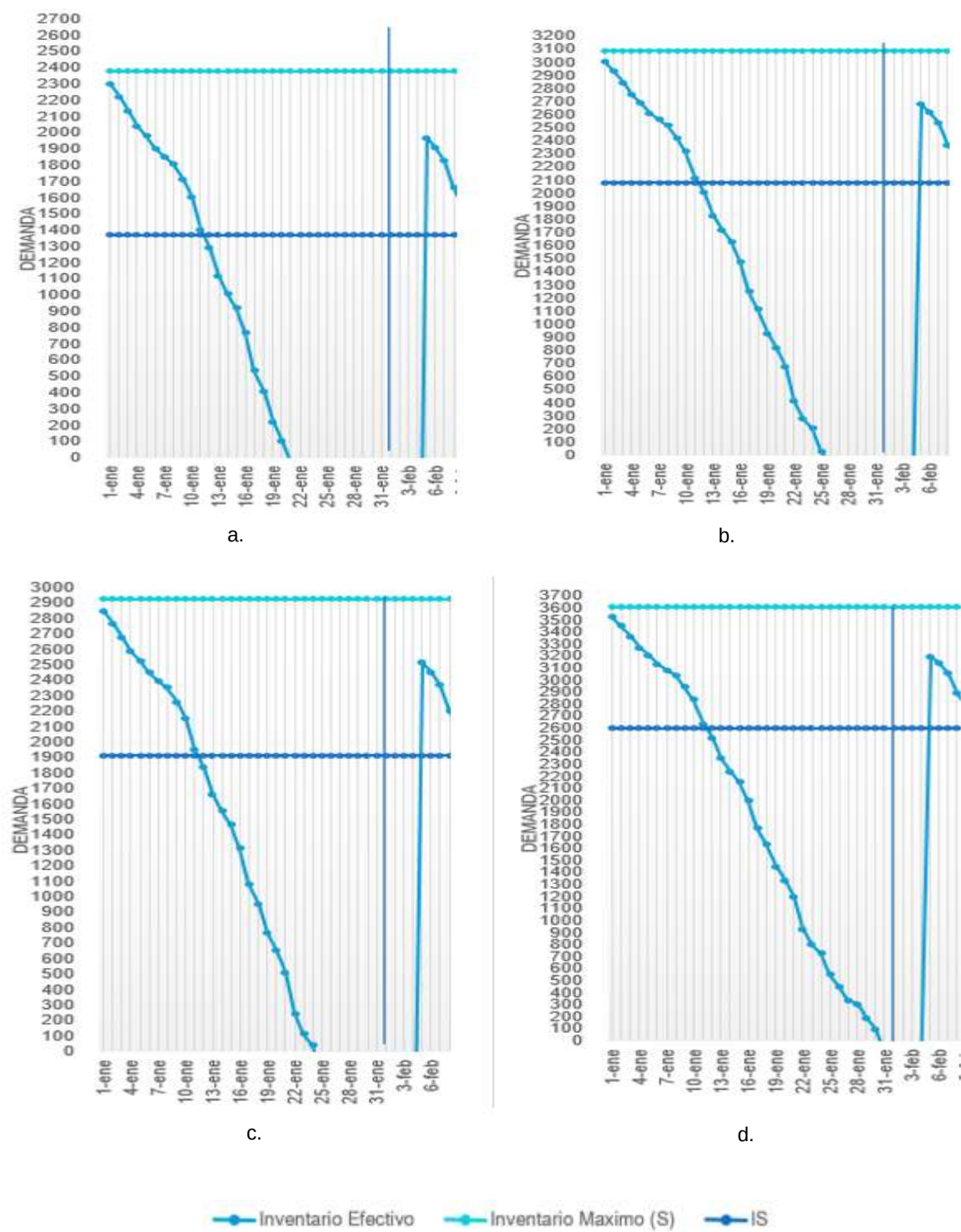
Tramadol 50mg: de acuerdo al inventario máximo $S = 5610$ und. hallado con P_2 , se tienen 4490 unidades de faltantes, incurriendo en el nivel de riesgo del 30,9%, por otro lado, el $S = 7543$ und. hallado con P_1 , con un nivel de riesgo del 5%, se tienen 2577 unidades de faltantes, reduciendo las inexistencias en un 42,6% aproximadamente. Con el escenario dos el $S = 6509$ und. hallado con P_2 , incurriendo en un nivel de riesgo del 15,2%, se tienen 3531 faltantes. Con el factor P_1 se obtiene un $S = 8239$ und. con un nivel de riesgo del 2% que dejan 1862 faltantes, reduciendo las inexistencias en un 47,3%.

Comparando los escenarios hallados con P_2 , se encuentra que se reducen las inexistencias en un 21,3% en el escenario dos respecto al escenario uno. En la comparación análoga con el factor P_1 , se observa una reducción en un 27,7% en el escenario dos respecto al escenario uno, a costa de un incremento del 16,8% y del 9,8% en el *CTR* de acuerdo al factor P_2 y P_1 respectivamente.

Cada uno de los insumos que presentan faltantes, son considerados necesarios para dar continuidad a los tratamientos, insustituibles, de alta rotación y bajo costo, por lo que, la entidad de salud debe evitar la probabilidad de tener faltantes de estos ítems, ya que son indispensables para el manejo y tratamiento de los pacientes por lo cual, se debería tener un plan de alerta que permita tomar medidas antes de que ocurra el hecho. Una forma de ejercer control es observar los movimientos efectuados después de empezar a utilizar unidades del inventario de seguridad, ya que, si hay movimientos abruptos que disminuyan el nivel de este inventario rápidamente, se podrían hacer pedidos o buscar alternativas para no incurrir en los faltantes.

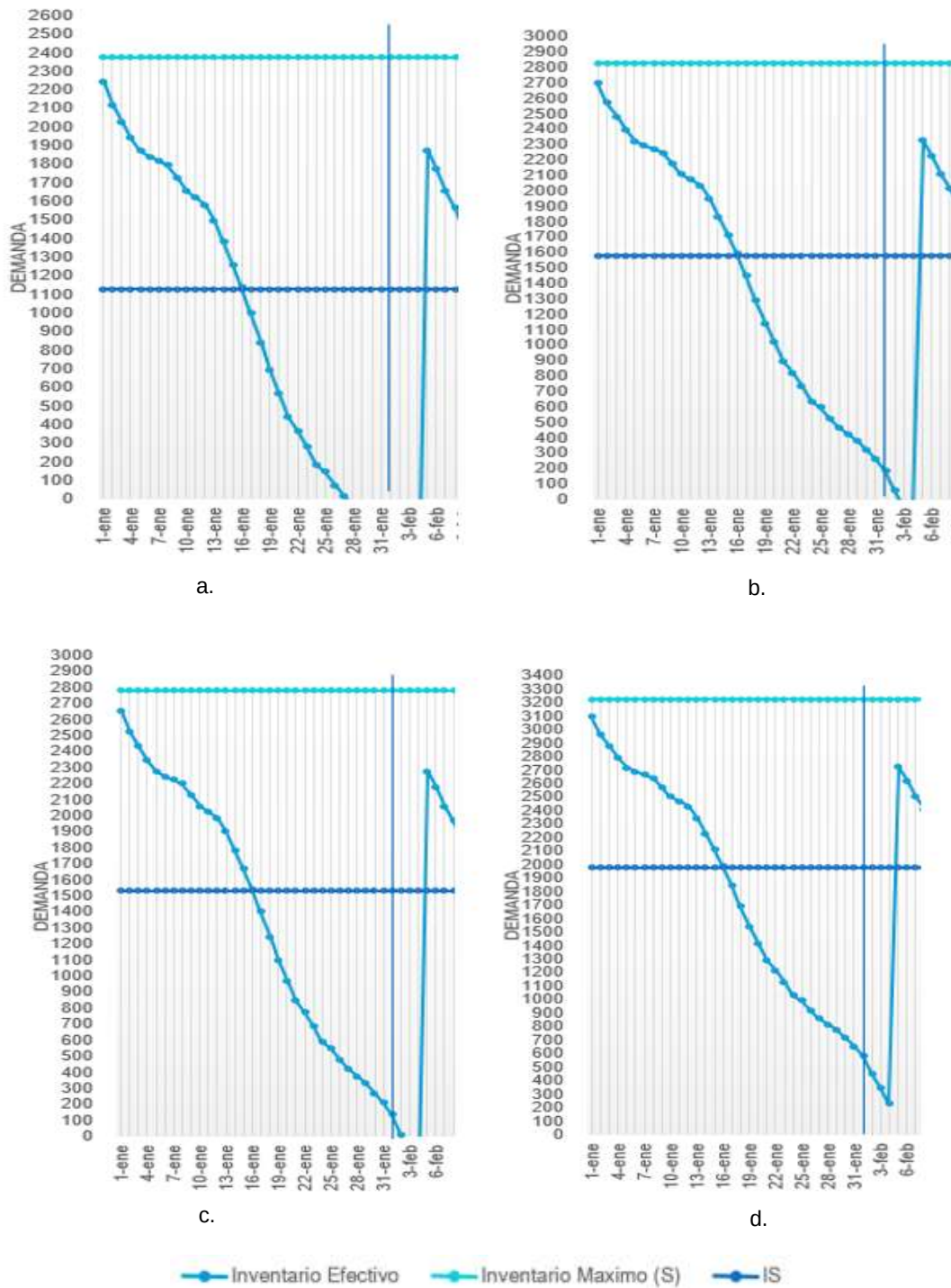
A continuación, se muestran como ejemplo las gráficas obtenidas para dos ítems con faltantes durante el periodo de revisión. En las ilustraciones 8 y 9, se muestra el comportamiento del insumo a partir de los parámetros utilizados, la gráfica a corresponde al comportamiento a partir de $P_2 = 95\%$, la gráfica b muestra el comportamiento a partir de $P_1 = 95\%$, los cuales corresponden al primer escenario, la gráfica c muestra al comportamiento a partir de $P_2 = 98\%$ y la gráfica d, con $P_1 = 98\%$, los parámetros utilizados en el escenario dos. Los faltantes son todas las unidades que se encuentran por debajo de la línea horizontal.

Ilustración 11. Sistema de control de inventario (R, S) para la jeringa 1ml.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 12. Sistema de control de inventario (R, S) para piperacilina tazobactam 50mg.



Fuente: elaboración propia.

Para observar el comportamiento de cada uno de los ítems clase A, ver anexo E *evaluación de sistema de control*.

10.2 IMPACTO ADMINISTRATIVO

Para lograr poner en marcha cualquier sistema de control de inventario se deben modificar o mejorar las actividades que se realizan a diario, de acuerdo a esto, se presentan las siguientes propuestas de mejora en diferentes aspectos.

Gestión documental

Para la toma de decisiones se requiere de información confiable y estandarizada que permita a cualquier persona realizar actividades sin dudar, es por esto que, a raíz del problema identificado al inicio del análisis, que es la falta de coherencia entre lo que se encuentra registrado en sus protocolos de procedimientos estandarizados y lo que se lleva a cabo en la práctica, se efectúa una adecuación de ellos, donde se muestran los flujogramas de operaciones de selección, semaforización, adquisición, recepción y almacenamiento, dispensación, los cuales se integran al manual de procesos y procedimientos del servicio farmacéutico, que de igual manera fue modificado en su contenido, ya que se encontraba información que no corresponde a la del hospital. Finalmente se propone un manual de funciones para el servicio farmacéutico puesto que la institución no cuenta con uno. Estos documentos son entregados a la entidad para su revisión. Esto se realizó con el objetivo de que los documentos se vuelvan un instrumento de seguimiento de los diferentes procedimientos involucrados en el servicio farmacéutico. Ver anexos F y G.

Compra

El hospital actualmente realiza pedidos cada trimestre para cubrir las necesidades del siguiente periodo que es de tres meses. Al implementar esta política, se vería afectado el periodo de compras por lo que esta área tendría que realizar pedidos cada mes para diferentes productos ya que, en la política propuesta los ítems presentan periodos de revisión diferentes, que van entre los 0.5 a 4 meses. De acuerdo a esto solo un ítem se revisa cada 15 días, 9 son revisados mensualmente, 5 elementos serían revisados cada dos meses, 7 coinciden con el periodo de revisión que se tiene actualmente para hacer la revisión y solicitud de pedidos, y solo 2 deben ser revisados cada 4 meses. En la tabla 25 se muestran los grupos para realizar los pedidos.

Realizar los pedidos en periodos diferentes como se plantea, tiene un impacto en la política de contratación de proveedores, ya que se podrían ver afectados los periodos o plazos de pago, y se pueden presentar inconvenientes para alcanzar los topes mínimos de venta exigidos por el proveedor, entre otros.

Tabla 28. Intervalos de revisión y compra para los ítems clase A.

CADA MESES	ÍTEM A REVISAR
0,5	Insulina lantus- glangina 100 ui ml
1	Ampicilia+sulbatan 1.5 mg sicma
	Cateter intravenoso # 22
	Cefalotina 1 gm amp
	Jeringa 10ml
	Jeringa 1ml
	Meropenem polvo para reconstituir 1 gr
	Piperacilina/tazobactam x 4.5 gr polvo estéril para inyección vitalis
	Sodio cloruro 0.9% 500 cc (solución salina)
	Terburop sol/neb 1% x 10 ml terbutalina
2	Buretrol 150
	Butil hiosc+dipirona amp 20mg+2.5 gr
	Cateter intravenoso # 20
	Ceftriaxona 1 gm ampolla
	Vancomicina 500mg amp
3	Butil de hioscina 20mg/1ml amp
	Equipo micronebulizador pediátrico
	Jeringa 5 ml
	Salbutamol inhalador 100 mg (asthalin)
	Sistema de drenaje (pleurovac)
	Solución hartman 500 cc
	Tramadol 50 mg ampolla
4	Fenitoina sodica (epamin) 250 mg amp/5ml
	Lidocaina jalea 2% tubo 30ml

Fuente: elaboración propia.

Una medida importante que se debe tener en cuenta a realizar en el hospital para que cualquier sistema de control sea fácil de implementar y no se presenten inconvenientes, es tener un adecuado registro de todos los medicamentos y

dispositivos para así evitar duplicidades en los registros, situación que se presenta actualmente.

Servicio farmacéutico

El servicio actualmente cuenta con un espacio reducido para almacenar los diferentes medicamentos y dispositivos médicos, motivo por el cual no pueden tener almacenadas grandes cantidades y por lo que se realizan solicitudes a bodega cada semana. Para entregar en el servicio, se tiene un stand para dispensar a la mano y el resto del inventario en otras estanterías, lo cual hace que se utilice espacio de la farmacia como bodega, teniendo la bodega principal disponible para almacenar los diferentes ítems, por esto se recomienda eliminar el almacenamiento que maneja actualmente la farmacia para disponer del espacio suficiente para organizar y almacenar las cantidades adecuadas que permitan entregar sin interrupciones los medicamentos y dispositivos médicos. Para lograrlo se puede implementar un sistema de tarjetas kanban con el fin de hacer el reabastecimiento en el momento adecuado para que no ocurran esperas en la entrega de los insumos a los diferentes servicios.

Un factor importante en el que se debe trabajar para mantener el sistema con la información correcta, es la digitación inmediata de las entradas y salidas de insumos que se presenta a diario.

Realizar el cálculo de indicadores que ayuden a tener una visión sobre el funcionamiento del servicio farmacéutico.

10.3 INDICADORES KPI

El servicio farmacéutico como se describió ...en la sección 7.1 tabla 6... presenta algunas dificultades que representan oportunidades de mejora, como lo es la ausencia de indicadores que ayuden a evaluar el servicio farmacéutico en función de la disponibilidad y adecuado manejo de los medicamentos y dispositivos médicos. Por tal razón, a continuación, se describen indicadores que ayudarían a evaluar la gestión del proceso del servicio, estos indicadores son seleccionados del manual de indicadores de gestión y uso de medicamentos de Lima- Perú (Ministerio de salud , 2002).

Porcentaje de ítems no disponibles

Tener disponibilidad de medicamentos y dispositivos médicos garantiza el acceso a los usuarios a estos insumos, permitiendo medir la eficiencia de la gestión de adquisición de los ítems.

- Definición: Mide el porcentaje de un ítem no disponible para el suministro a los usuarios.
- Instrumento de recolección: Registro físico de ítems que no son dispensados por inexistencia en el servicio farmacéutico
- Cálculo:

$$\frac{\text{No. de solicitudes rechazadas o remplazadas del ítem } j}{\text{No. de solicitudes por mes del ítem } j} \times 100 .$$

- Valor objetivo: 0%
- Interpretación: un valor por encima de 0% evidencia la falta de disponibilidad de ítems para cubrir la demanda del servicio.
- Periodicidad: Mensual.

Porcentaje de stock

Las compras deben realizarse de acuerdo a las demandas de los medicamentos y dispositivos para evitar costos innecesarios por almacenamiento, pérdidas por vencimiento o caducidad, y disminución en los recursos disponibles para nuevas adquisiciones.

- Definición: mide el porcentaje de stock de un ítem que hay por encima del nivel máximo establecido.
- Instrumento de recolección: Registro en el sistema de información del stock de los ítems
- Cálculo:

$$\frac{\text{cantidad de ítems en stock del ítems } j - \text{Nivel maximo de stock del ítems}}{\text{Nivel maximo de stock del ítems } j} \times 100 .$$

- Valor objetivo: 0%
- Interpretación: un valor por encima de 0% indica riesgo, falta de previsión y posible desabastecimiento.
- Periodicidad: Mensual.

Porcentaje promedio ponderado de variación de inventarios

El inadecuado mecanismo de control y registro de salidas de los ítems de farmacia, y otras situaciones como asignar cantidades irreales a las bodegas virtuales, hace que las existencias registradas en el sistema de información no coincidan con las cantidades en físico.

- Definición: Mide el porcentaje de variación que existe entre la confrontación del conteo físico y las existencias en el sistema de información.
- Instrumento de recolección: Conteo físico de los ítems. Registro en el sistema de información, kardex.
- Cálculo:
 - Variación individual:

$$\frac{\text{cantidad en el sistema de información} - \text{cantidad conteo físico}}{\text{cantidad en el sistema de información}} \times 100 .$$

- promedio de variación individual:

$$\frac{\text{sumatoria del porcentaje de variación individual}}{\text{cantidad total de ítems evaluados}} \times 100 .$$

- Valor objetivo: 0%
- Interpretación: Un valor por encima de 0% indica una discrepancia entre los registros del sistema y el conteo físico.
- Periodicidad: Mensual.

La entidad debe contar con indicadores de gestión con los que puedan establecer condiciones e identificar síntomas de problemas, que le permitan adoptar normas y patrones efectivos y útiles de acuerdo a los resultados obtenidos. es por esto que se proponen los indicadores anteriormente mencionados, ya que son indicadores que le permiten conocer a la institución de salud, el porcentaje de insumos que se están dejando de dispensar por la usencia y cómo otros aumentan su consumo por reemplazar los faltantes, mostrando cómo afecta el nivel de inventario y los resultados de los análisis que se quieran realizar. El segundo indicador *porcentaje de stock*, permite establecer la relación entre lo que dispone la política de inventarios establecida respecto a las cantidades reales en inventario, permitiendo prever un posible desabastecimiento de los insumos que cuentan con una política establecida. El tercer indicador *porcentaje promedio ponderado de variación de inventarios*, le

permite al hospital realizar un análisis de su funcionamiento interno, mostrando la existencia de discrepancias entre el estado físico del inventario y el registrado en el sistema, permitiéndole identificar aspectos que afectan el estado de sus inventarios y por lo tanto su costo.

Se debe resaltar que estos indicadores no son puestos en práctica, son una propuesta que busca presentar herramientas útiles para identificar falencias, diferentes a aquellos previamente establecidos en la documentación con la que actualmente cuenta el servicio farmacéutico, los cuales no utilizan, tal y como expresó la regente de farmacia.

11. CONCLUSIONES

- Se propone un sistema de control (R, S) para 24 ítems entre medicamentos y dispositivos médicos del servicio farmacéutico hallando las cantidades máximas requeridas S para un periodo de tiempo entre revisión R , manteniendo un nivel de servicio por encima del 95%, que es la meta propuesta por la entidad.
- Al realizar el diagnóstico de la gestión de inventario, se identificaron problemáticas como la duplicidad de ítems en el sistema, ingreso de cantidades inexactas en las bodegas virtuales, demora en el ingreso de las devoluciones y salidas en el sistema, entre otras. Por estas razones, una adecuada programación del pedido de los medicamentos y dispositivos médicos del servicio farmacéutico, basada en la política de inventarios propuesta, requiere de la cooperación del personal de farmacia, almacén y compras para unificar y mantener información actualizada y confiable en el sistema.
- El objetivo principal en las entidades de salud es ofrecer un buen nivel de servicio, el cual está representado en la disponibilidad de los medicamentos y dispositivos médicos, por esta razón se aplican dos perspectivas que son, satisfacer las necesidades de los pacientes sin que ocurra un faltante entre periodos de revisión dada por el factor P_1 , y la de satisfacer las mismas necesidades con el inventario a la mano dado por el factor P_2 , los cuales cambian el nivel máximo de inventario, afectando los costos y el nivel de servicio significativamente en los ítems clase A, en el escenario 1 con el factor $P_1 = 95\%$ se obtiene un nivel de servicio P_2 superior al 97% en todos los ítems y un CTR más alto para cada uno, ya que se tiene un nivel máximo de inventario superior. Mientras que con el factor $P_2 = 95\%$ se obtienen niveles más bajos de inventario, pero da como resultado un nivel de servicio P_1 que se encuentran entre el 60% y 91%, que son muy bajos. Por otro lado, en el escenario dos con el factor $P_1 = 98\%$ se obtiene un nivel de servicio P_2 superior al 99% en todos los ítems, amentándolo en un 2% respecto al primer escenario, con el factor $P_2 = 98\%$ se obtiene un nivel de servicio P_1 entre el 79% y 96%.

- Se encontró que 9 de los 24 ítems analizado presentan faltantes antes de llegar al periodo de revisión del inventario, utilizando cualquiera de los parámetros hallados de la política (R, S) por los factores P_1 y P_2 del escenario uno, ya que la demanda incrementa abruptamente. Mientras que en el escenario dos se evidencia que solo un ítem deja de presentar faltantes dado las condiciones ofrecidas por el factor P_1 . También se encuentran 3 casos en que los parámetros hallados a partir del P_2 no responden satisfactoriamente a la demanda, situación que no se presenta con los parámetros de política hallados a partir de P_1 , por lo tanto, se considera apropiado aplicar los parámetros calculados a partir de P_1 , que, aunque incrementan el CTR , brindan un nivel de servicio superior al 97%.
- Se realizó una modificación del manual de procesos y procedimientos, y una propuesta de manual de funciones del servicio, documentos que estandarizan los procedimientos farmacéuticos, permitiendo aumentar el control que se tiene sobre el área ya que todo el personal tendrá conocimiento de las actividades que debe llevar a cabo y la forma de realizarlas.

12.RECOMENDACIONES

- El estudio realizado usa como base de análisis las salidas registradas por el servicio farmacéutico del año 2016 y 2017, estas no consideran los insumos que se dejaron de entregar por no tener unidades disponibles, tampoco se discrimina los insumos que se entregaron en reemplazo de ítems no disponibles, por esta razón se recomienda realizar el estudio con la demanda real del sistema.
- En este trabajo se calcula el costo total relevante (CTR) para cada uno de los ítems clase A, este tiene en cuenta el costo de alistamiento, mantenimiento y de faltantes del inventario, para este último término se debe tener en cuenta el factor B_2 , que es el costo específico por cada unidad faltante, que no pudo ser considerado en los cálculos, por esto, en el caso de realizar una extensión de este trabajo se recomienda recalcular los valores del CTR .
- Para la evaluación del servicio farmacéutico se recomienda implementar indicadores que permitan conocer el funcionamiento actual, para poder tomar decisiones acordes que ayuden a mejorar el servicio.
- Próximos estudios se pueden realizar en otras áreas de la entidad, como por ejemplo, el servicio odontológico, cirugía, laboratorio, entre otros, ya que son áreas que manejan medicamentos y/o dispositivos médicos, que no se tuvieron en cuenta en este estudio por la delimitación del problema.
- Se recomienda usar el inventario de seguridad como sistema de alerta cuando este se empieza a consumir, para evitar faltantes en casos donde se presenten movimientos abruptos de la demanda.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, S., Ardila, W., Figueroa, L., & Romero, D. H. (2015). Parametrización y evaluación de Política de Inventario (s,Q) en Hospitales: Un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla. *Prospect*, Vol 13, N° 1, 99-105.
- Arias, R. (2015). *Control de inventarios de medicamentos e insumos utilizando la metodología multicriterio en la bodega de la unidad quirurgica en una IPS de la ciudad de Cali*. Tesis pregrado, Santiago de Cali.
- Athayakumar, R., & Priyan, S. (2013). Pharmaceutical supply chain and inventory management strategies: Optimization for a pharmaceutical company and a hospital. *Operations Research for Health Care*, 2(3), 52-64.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.orhc.2013.08.001>
- Ballou, R. (2005). *Logística: Administración de la Cadena de Suministros*. México: Pearson.
- Beaulieu, M., & Landry, S. (2002). Comment gérer la logistique hospitalière ? Deux pays, deux réalités. *Gestion*, vol. 27, n° 3,, 91-98.
- Bobadilla, J., C., A., & Velasco, N. (2008). Planeación de Gestión de Inventarios a través del análisis de procesos en la Farmacia Quirúrgica de una clínica. *Los cuadernos de PYLO*.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de Operaciones Produccion y Cadena de Suministro* (Treceava ed.). Mexico: McGRAW-HILL.
- Chow, G., & Heaver, T. (1994). Logistics in the Canadian health care industry. *Canadian Logistics Journal*, vol. 1, n° 1,, 29-73.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (1 de Agosto de 2013). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Obtenido de Council of Supply Chain Management Professionals:
https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- Cruz, M., Aguirre, S., Amaya, C., & Velasco, N. (2008). Estudio Analítico Para el Control de Inventarios de la Farmacia de Urgencias de una Clínica de la Ciudad. *Los cuadernos de PYLO*.
- CSCMP. (5 de Octubre de 2017). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Obtenido de <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>
- Devnani, M., AK, G., & R, N. (2010). ABC y VED analysis of the pharmacy store of tertiary care teaching, research and referral healthcare institute of India. *J Young Pharm*, II(2), 201-205. doi:10.4103/0975-1483.63170

- Díaz, R., Acosta, M., & Bravo, J. (2015). Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas. *Ingenium*, 9(26), 29-39.
- Douglas, M., Lambert, M., Cooper, & Pagh, J. D. (1998). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. *he International Journal of Logistics Management*. Vol.9, nº 2,.
- Farahvash, P., & Altiok, T. (2011). A multi-period inventory model with multi-dimensional procurement bidding. *Springer Science+Business Media*.
- Figuroa, L., Aguirre, S., Wilches, M., & Romero, D. (2016). Análisis de la logística hospitalaria aplicada en las entidades de salud de nivel 3 y 4 en la ciudad de Barranquilla. *Scientia et Technica*, 21(4), 307-3017.
- Gómez, L., Amaya, C., & Velasco, N. (2012). Gómez, L, C.A. Amaya, C y Velasco, N. (2012): Política de inventarios para la bodega central y farmacias auxiliares del Hospital Universitario Clínica San Rafael. *Los cuadernos de PYLO*.
- Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2009). *Business Forecasting* (Novena ed.). México.: PEARSON Prentice Hall.
- Hernández, P., Velasco, N., & Amaya, C. (2007). Modelo para el Manejo eficiente de Inventarios en la Cadena de Abastecimiento Medicamentos del Hospital El Tunal. *Los cuadernos de PYLO*.
- Hernández, P., Velasco, N., & Amaya, C. (2008). Modelo de coordinación de inventarios en la cadena de abastecimiento de medicamentos de un hospital público. *Los cuadernos de PYLO*.
- Jurado, I., Maestre, J., Velarde, P., Ocampo-Martínez, C., Fernández, I., Isla Tejera, B., & Del Prado, J. (2016). Stock management in hospital pharmacy using chance-constrained model predictive control. *Computers in Biology and Medicine*, 72(1), 248-255. doi:<https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2015.11.011>
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2014). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*. 8va edición. México: Pearson Educación.
- Labuhn, J., Almeter, P., McLaughlin, C., & Turner, B. (Agosto de 2017). Supply chain optimization at an academic medical center. *Am J Health-Syst Pharm*, 74(15), 1184-1190.
- Maestre, J., Fernández, M., & Jurado, I. (2018). An application of economic model predictive control to inventory management in hospitals. *Control Engineering Practice*, 71, 120-128.
- Ministerio de salud . (2002). *Manual de indicadores de gestion y uso de medicamentos*. Lima.
- Ngai, T., Poon, J., Suk, F., & Ng, C. (2009). Design of an RFID-based Healthcare Management System using an Information System Design Theory. *Springer Science + Business Media*.
- Nicholson, L., Vakharia, A. J., & Erenguc, S. (2004). Outsourcing inventory management decisions in healthcare: Models and application. *European Journal of Operational Research*, 271-290.

- Ozores, B. (2014). *Logística Hospitalaria* (Segunda ed.). Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: eveloping, implementing, and using winning KPI's*.
- Partovi, F. Y., & Burton, J. (1993). Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 13, 29-44.
- Roussel, J., & Cohen, S. (2005). *Avantage Supply Chain*. Paris: Editions d'Organisation.
- Saaty, R. (1987). The analytic hierarchy process - what it is and how it is used. *Mathl Modelling*, 9, 161-176.
- social, M. d. (s.f.). Obtenido de https://www.invima.gov.co/images/pdf/medicamentos/resoluciones/resolucion_1403_2007.pdf
- Velasco, N., Amaya, C., Guerrero, A., & Jiménez, A. (2007). Optimización de los recursos en los hospitales: revisión de la literatura sobre logística hospitalaria. *Los cuadernos de PYLO*.
- Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestion de inventarios*. Santiago de Cali: Programa editorial Universidad del Valle.

ANEXOS

Anexo A. *Devoluciones I trimestre 2018* (Archivo electrónico PDF)

Anexo B. *Clasificación y selección de ítems clase A* (Archivo electrónico PDF)

Anexo C. *Pronósticos ítems clase A* (Archivo electrónico PDF).

Anexo D. *Sistema de control* (Archivo electrónico PDF)

Anexo E. *Evaluación del sistema de control* (Archivo electrónico PDF).

Anexo F. *Manual de procesos y procedimientos del servicio farmacéutico* (Archivo electrónico PDF).

Anexo G. *Manual de funciones del servicio farmacéutico* (Archivo electrónico PDF).