

**PROPUESTA DE UN MODELO DE INVENTARIO PROBABILÍSTICO PARA LOS
MEDICAMENTOS CLASE A DE LA FARMACIA DE UNA IPS EN EL NORTE
DEL VALLE.**

**YERLIN DAYANA ÁLVAREZ POSADA
CLAUDIA PATRICIA TORRES GARCIA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ZARZAL
2020**

**PROPUESTA DE UN MODELO DE INVENTARIO PROBABILÍSTICO PARA LOS
MEDICAMENTOS CLASE A DE LA FARMACIA DE UNA IPS EN EL NORTE
DEL VALLE.**

**YERLIN DAYANA ÁLVAREZ POSADA
CLAUDIA PATRICIA TORRES GARCIA**

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero industrial

**Director
Mauricio Alejandro Buitrago Soto**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ZARZAL
2020**

Resumen

Debido a la compleja función de las entidades sanitarias, es conveniente que los hospitales mantengan inventarios adecuados que soporten las fluctuaciones inesperadas de la demanda, producto de emergencias o prioridades que se deban tener con los pacientes.

A lo anterior se suma el alto costo de ciertos fármacos, por lo cual la gestión de compras e inventario se vuelve una labor compleja. Sin embargo, para este tipo de servicio, donde el cliente final es una persona con compromiso de su salud, los hospitales deben garantizar mantener un inventario de medicamentos esenciales en función de su importancia para las necesidades de los pacientes.

Por lo anterior, el presente trabajo aborda la problemática de la deficiencia en la planeación y manejo del inventario de medicamentos clase A del servicio farmacéutico, de un hospital nivel II del Norte del Valle, a través de la propuesta de un modelo probabilístico de revisión continua que contribuya a mejorar el nivel de servicio sin incurrir en sobre costos.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.1.1	Descripción del problema.....	2
1.1.2	Formulación del problema.....	3
1.1.3	Sistematización del problema.....	3
1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	Objetivo general.....	4
1.2.2	Objetivos específicos.....	4
1.3	Justificación.....	4
1.4	Antecedentes.....	5
1.5	Marco.....	6
1.5.1	Marco Teórico.....	6
1.5.2	Marco Normativo.....	9
1.6	Estado Del Arte.....	10
1.7	Diseño Del Método De Investigación.....	13
1.7.1	Metodología.....	13
1.7.2	Tipo De Investigación.....	13
2.	Desarrollo De La Investigación.....	14
2.1	Desarrollo Del Primer Objetivo.....	14
2.2	Desarrollo Del Segundo Objetivo.....	15
2.3	Estudio De La Demanda.....	22
2.3.1	Sistemas de Pronóstico.....	22
2.3.1.1	Promedio Móvil.....	24
2.3.1.2	Suavización Exponencial Simple.....	25
2.3.1.3	Suavización Exponencial Doble.....	26
2.3.2	Combinación De Pronósticos.....	27
3	Desarrollo Del Tercer Objetivo.....	29
3.1	Cálculo De Los Costos.....	29
3.2	Formas De Revisión Del Nivel Inventario.....	32
3.2.1	Sistema (R, S).....	33
3.2.2	Sistema Continuo.....	34
3.2.2.1	Análisis de normalidad.....	35
3.2.2.2	Modelo de costo con faltante.....	38
3.2.2.3	Modelo del nivel de servicio.....	41
4.	Análisis De Resultados.....	44
5.	Conclusiones.....	45
6.	Recomendaciones.....	48
7.	Anexos.....	49
8.	Bibliografía.....	50

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama del sistema multinivel	2
Ilustración 2. Patrones de demandas.	8
Ilustración 3. Metodología del trabajo	13
Ilustración 4. Diagrama de Flujo, compra de medicamentos.....	14
Ilustración 5. Diagrama porcentaje de medicamentos e insumos médicos, con valor del inventario	15
Ilustración 6. Pesos resultantes de la matriz consensuada.....	19
Ilustración 7. Cálculo del $\lambda_{\text{máx}}$	20
Ilustración 8. Posición de los medicamentos respecto a cada clasificación	22
Ilustración 9. Grafica del comportamiento de la demanda, Piperacilina Tazobactam	24
Ilustración 10. Grafica del comportamiento de la demanda con los tres métodos de pronóstico de la Piperacilina Tazobactam	26
Ilustración 11. Costos hospitalarios: Costo del día-paciente	32
Ilustración 12. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica	33
Ilustración 13. Prueba Shapiro-Wilk, Cloruro de Sodio	35
Ilustración 14. Prueba Kolmogorov-Smirnov, Cloruro de Sodio	36
Ilustración 15. Histograma de los datos transformados – Piperacilina Tazobactam	37
Ilustración 16. Pruebas de bondad, Piperacilina Tazobactam.....	37

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación ABC	7
Tabla 2. Sistemas de Pronósticos de acuerdo con el patrón de demanda observada.....	8
Tabla 3. Inventario general, farmacia de la IPS	15
Tabla 4. Inventario de medicamentos, farmacia de la IPS	15
Tabla 5. Resumen de la clasificación ABC	16
Tabla 6. Matriz resultante de la encuesta, Regente de farmacia de la IPS	17
Tabla 7. Coeficiente de consistencia de cada matriz de preferencias, donde MC: matriz consistente.....	18
Tabla 8. Consolidación de comparaciones por cada juez	18
Tabla 9. Matriz de preferencias consolidada	19
Tabla 10. Normalización y ponderación final para cada medicamento	21
Tabla 11. Reclasificación de los ítems por la metodología AHP	22
Tabla 12. Demanda de la Piperacilina Tazobactam.....	23
Tabla 13. Coeficiente de variación de la demanda de cada medicamento	23
Tabla 14. Promedio Móvil – Piperacilina Tazobactam	24
Tabla 15. Resumen errores de pronóstico PMS – Piperacilina Tazobactam....	25
Tabla 16. Suavización Exponencial Simple – Piperacilina Tazobactam.....	25
Tabla 17. Suavización exponencial doble suavizada – Piperacilina.....	26
Tabla 18. Errores del pronóstico de los medicamentos clase A.....	27
Tabla 19. Combinación lineal convexa - – Piperacilina Tazobactam.....	28
Tabla 20. Errores de la combinación lineal convexa de los medicamentos de clase A	28
Tabla 21. Salario y prestaciones sociales, personal farmacia de la IPS	29
Tabla 22. Costo por minuto, personal farmacia de la IPS	29
Tabla 23. Costo de hacer un pedido, farmacia de la IPS	30
Tabla 24. Costo mensual de mantener el inventario de medicamentos	31
Tabla 25. Sistema de control periódico aplicado a la combinación lineal convexa – Piperacilina Tazobactam	34
Tabla 26. Resultados, pruebas de normalidad	36
Tabla 27. Política de inventario para los medicamentos clase A	41
Tabla 28. Política de inventario para los medicamentos clase A	44
Tabla 29. Comparación en costos, método actual respecto al modelo con costo de faltante	45
Tabla 30. Comparación en costos, método actual respecto a política propuesta	45

1. INTRODUCCIÓN

Una institución hospitalaria es un lugar donde convergen numerosos productos y artículos que soportan la oferta de servicios médicos (Amaya, Beaulieu, Landry, Rebolledo & Velasco, 2010). El mal manejo de estos bienes puede tener consecuencias graves sobre la calidad de los servicios prestados, su accesibilidad y los costos incurridos (Chow, Heaven, & Henriksson, 1994)

Dada la alta complejidad de estas entidades, cuyo objetivo principal es la atención de pacientes con diversas patologías y diferentes grados de complicación, se requiere de una gestión integral y coordinada de las tareas y procesos que permitan lograr una atención eficiente en el momento oportuno.

Es allí donde la logística hospitalaria, entendida como la “Agrupación de actividades y procesos de adquisición, recepción, distribución de los diferentes insumos, así como la gestión de la demanda y las actividades por las que debe pasar un paciente desde su admisión hasta su dada de alta” (Jiménez, Guerrero, Amaya, & Velasco, 2008, p.2), tiene el propósito de lograr que las entidades sanitarias se organicen de manera eficiente de tal manera que puedan responder al crecimiento exponencial de las necesidades de la población.

Por tanto, la gestión del inventario en lo que respecta a los procesos de pedido, almacenamiento y dispensación, representa un puente que debe garantizarle al paciente el acceso a los recursos, más puntualmente a los medicamentos; y es que, como se cita en (Arango, Serna, y Patiño, 2017), la importancia de su adecuada gestión y planificación no solo deriva de los altos precios de las medicinas y sus requisitos de almacenamiento y de control, sino también de los altos niveles de servicio que se espera sean ofrecidos por el sector en materia de atención oportuna

Por este motivo, es fundamental que las entidades prestadoras de salud tengan las herramientas que les permita controlar de manera adecuada el flujo de los insumos en la farmacia, garantizándole a los pacientes el servicio oportuno, lo que también repercute de manera positiva en los costos asociados a inventario.

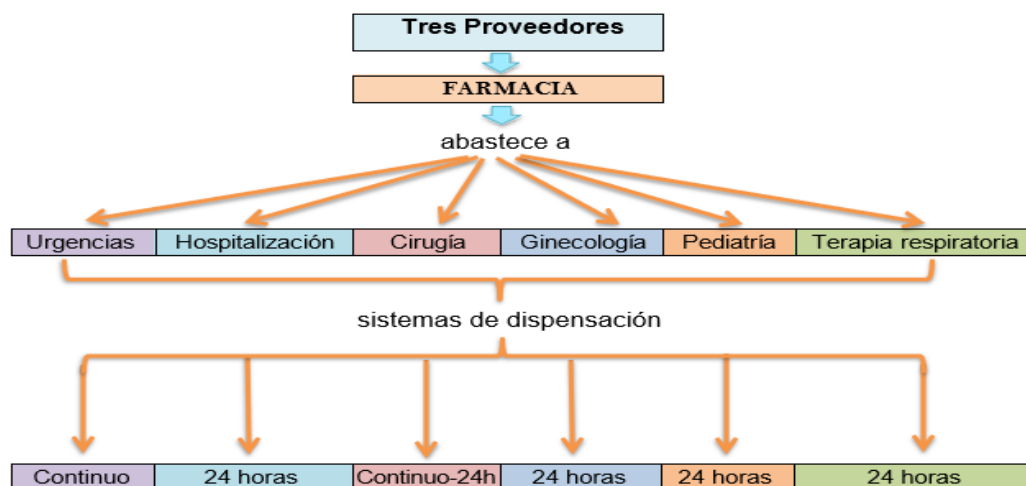
De acuerdo con lo anterior, se plantea un modelo de inventario probabilístico de revisión continua que busca abordar la inadecuada planeación del servicio farmacéutico, en lo que respecta a la gestión de medicamentos clase A, quienes tienen el mayor impacto en la prestación del servicio.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Descripción del problema

La entidad objeto de estudio, es una IPS pública cuyo nombre no es expuesto en el trabajo por motivos de políticas administrativas. Se encuentra ubicada en el norte del Valle y su cadena de suministro está compuesta por 3 proveedores distribuidores de medicamentos e insumos médico-quirúrgicos, una farmacia central y 6 áreas o especialidades que prestan los servicios de urgencias, hospitalización, cirugía, ginecología, pediatría y terapia respiratoria, lo que de acuerdo con la literatura corresponde a un sistema multinivel de M proveedores, 1 almacén central y N minoristas.

Ilustración 1. Diagrama del sistema multinivel



Fuente: Elaboración propia

La investigación se limitará únicamente al eslabón farmacia, y más puntualmente a los medicamentos clase A, pues como ha sido expresado por un informe de la OMS, “la escasez y el desabastecimiento de medicamentos esenciales han ido en aumento en los últimos años. El problema ha pasado a ser mundial, con quiebras documentadas en el suministro de antibióticos, anestésicos, medicamentos para quimioterapia y muchos otros. Se ha descrito en países de ingresos altos, medianos y bajos y está vinculado a problemas de fabricación, así como a las dificultades de la cadena de suministros y de la financiación de la atención de salud” (Ejecutivo, C. 2016), p1.

La farmacia central, maneja un total de 830 referencias globales entre medicamentos, insumos médicos, equipos de bioseguridad y elementos de desinfección. El proceso de suministro desde la misma hacia las áreas de atención se da a través de dos sistemas: dispensación continua (para el área de urgencias y cirugía), el cual consiste en que de manera permanente se hacen pedidos en línea y entrega inmediata de los insumos y medicamentos que necesite cada paciente que va ingresando al servicio, y dispensación para 24 horas, el cual es solicitado cada mañana por las demás dependencias. Lo anterior se estableció a raíz de que las áreas asistenciales ya no manejan ningún tipo de stock.

No se evidencia el uso de herramienta estadística que permitan gestionar adecuadamente el abastecimiento de medicamentos y su movimiento desde la farmacia a los diferentes servicios, actualmente la entidad no cuenta con una política de manejo y planeación de sus niveles de inventario. Las órdenes de compra que se realizan de manera mensual, son llevadas a cabo por el personal administrativo de la farmacia, decisiones que son basadas en la experiencia de los mismos, las necesidades del servicio, requerimientos específicos de un médico y con base al seguimiento del stock arrojado por el Sistema Integral de Hospitales SIHOS, el cual es el software donde las empresas sociales del Estado registran todo lo referente a los resultados presupuestales, atenciones, financieros y administrativos.

Sin embargo, las decisiones son tomadas sin tener en cuenta la incertidumbre presente en variables como la demanda, le agregan ineficiencia al proceso de compra de medicamentos. Por tanto, “la reducción de la variabilidad entre la demanda prevista y la demanda real es clave para evitar generación de inventarios en exceso o alcanzar un buen nivel de servicio lo que es determinante para el éxito de las empresas...” (O'Meara, Esteban, & Salort, 2006).

Adicional a ello, el hospital no cuenta con un sistema tecnológico adecuado que les permita consolidar información de manera organizada para hacer el seguimiento pertinente y evaluar su gestión a través de indicadores. No documentan la existencia de faltantes ni sobrantes, lo que les impide conocer con exactitud qué nivel de servicio están ofreciendo o si están incurriendo en altos costos, afectando la calidad de la atención y la rentabilidad de la IPS.

Lo anterior crea la necesidad de proponer una política de inventario para los medicamentos clase A, con el propósito de orientar el proceso de gestión y planificación de los mismos, pues no se tiene conocimiento del nivel de servicio que se está prestando, y como se describió anteriormente, el sector salud debe brindar garantía de una atención oportuna y de calidad, por lo cual se plantea como pregunta de investigación lo siguiente:

1.1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la política adecuada para gestionar el inventario de medicamentos clase A en la farmacia de la IPS objeto de estudio, de tal manera que contribuya a mejorar la calidad del servicio prestado y al mismo tiempo los costos en lo que se incurren?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es la dinámica actual y por tanto las necesidades particulares de los procesos de gestión de inventario de medicamentos clase A en el servicio farmacéutico del hospital objeto de estudio?
- ¿Cuáles son los medicamentos más importantes (clase A) para la prestación del servicio de salud y cómo se comporta su demanda para establecer el adecuado suministro de los mismos?
- ¿Qué modelo de inventario proponer de acuerdo con las necesidades y particularidades del servicio farmacéutico del hospital objeto de estudio?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un modelo de gestión y control del inventario para los medicamentos clase A de la farmacia, de tal manera que se oriente hacia la adecuada planeación y suministro de estos, contribuyendo a la mejora en el nivel de servicio y la disminución del costo total.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización y análisis de la dinámica actual con la cual la farmacia de la IPS gestiona el inventario de medicamentos.
- Identificar cuáles son los medicamentos esenciales para la oportuna prestación del servicio, para el análisis de su comportamiento y pronóstico
- Definir la política de aprovisionamiento para los medicamentos clase A, que contribuya al adecuado nivel de servicio sin exceso de inventario.

1.3. Justificación

Desde hace varios años ha sido evidente la crisis del sistema de salud en Colombia, no solo como consecuencia de las crecientes necesidades de recursos financieros para la atención de la población, sino por las dificultades para que esta, equitativamente y con independencia de su nivel de ingresos, acceda a servicios de buena calidad. (Bernal, 2012, p.1).

Esta problemática en el sector asistencial compromete el bienestar de los ciudadanos al obstaculizar la prestación adecuada de los servicios de salud, por lo que cualquier mejora implementada en dicho sector, contribuye directamente al desarrollo regional del municipio.

Por tanto, es evidente la necesidad que tienen estas instituciones de optimizar sus procesos, de tal manera que garanticen la atención oportuna a los pacientes, y uno de esos procesos es el manejo del inventario, que como se ha mencionado anteriormente es un pilar fundamental para mejorar la calidad del servicio. Adicional a ello, la logística hospitalaria es un campo en el cual la Ingeniería Industrial está implementando sus herramientas para realizar aportes, por lo que se consideró pertinente abordar el tema y abrir campo hacia nuevas investigaciones que impulsen estrategias aplicables a las entidades de salud.

Ahora bien, para el hospital es importante abordar la problemática planteada porque esto le permite mejorar su respuesta ante las necesidades de los pacientes, lo que generará no sólo un impacto favorable en el bienestar de la comunidad, sino que también puede incurrir positivamente en los costos asociados a la gestión de estos medicamentos.

1.4. Antecedentes

En la última década, el acceso a los medicamentos esenciales fue reconocido como parte del derecho fundamental al más alto nivel posible de salud. Este nuevo enfoque refuerza los argumentos a favor del acceso universal a los medicamentos como parte de la renovación de la atención primaria de salud y puede servir como guía para evaluar y fortalecer aún más los programas nacionales de medicamentos esenciales. (Hogerzeil & Mirza, 2011)

La implementación del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) permitió la ampliación de coberturas, equidad en el acceso y mejoras en los indicadores sobre condiciones de salud (Santos 2010).

En la Ley 100 de 1993 se incorporó el concepto de lista de medicamentos esenciales, en la forma de un Plan Obligatorio de Salud y la promoción de la competencia en el mercado farmacéutico. Además, creó la Comisión Nacional de Precios de Medicamentos – CNPM y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA, como parte fundamental de la reestructuración del sistema de salud. (Consejo Nacional de Política Económica y Social [Conpes], 2012, p.5)

“En 2003 el Ministerio de la Protección Social (MPS) elaboró y publicó la Política Farmacéutica Nacional basada en los principios de la Ley 100”. (Conpes, 2012, p5)

[El artículo 86 de la ley 1438 establece la necesidad de definir una política farmacéutica, de insumos y dispositivos médicos que desarrolle mecanismos para optimizar la utilización de medicamentos y evitar las inequidades en acceso y calidad de los mismos. De otro lado, se han multiplicado las iniciativas internacionales, lideradas por la OMS, que han puesto de relieve la necesidad de que los países, en especial aquellos en desarrollo, formulen propuestas de política farmacéutica]. (Conpes, 2012, p5)

[En el Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales – PIDESC se establece que el derecho a la salud comprende el derecho a condiciones que aseguren a todos asistencia médica y servicios médicos en caso de enfermedad. Ello incluye el acceso igual y oportuno a los servicios de salud básicos, preventivos, curativos y de rehabilitación, que implica un tratamiento apropiado de enfermedades y el suministro de medicamentos esenciales]. (Conpes, 2012, p6)

ARTÍCULO 86°. POLÍTICA FARMACÉUTICA, DE INSUMOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS. El Ministerio de la Protección Social definirá la política farmacéutica, de insumos y dispositivos médicos a nivel nacional y en su implementación, establecerá y desarrollará mecanismos y estrategias dirigidas a optimizar la utilización de medicamentos, insumos y dispositivos, a evitar las inequidades en el acceso y asegurar la calidad de los mismos, en el marco del Sistema General de Seguridad Social en Salud. (Ley 1438 de 2011)

Como se cita en (Patiño, 2014, p.33), la Organización Mundial de la Salud (OMS), y otros autores, argumentan que existen problemas logísticos dentro de la cadena de abastecimiento de medicamentos en cuanto a niveles de stock, escases de información sobre problemas en la oferta y disponibilidad de

medicamentos. También se han detectado problemas de oferta y disponibilidad de otros medicamentos esenciales, así como dificultades en la adquisición, provisión y dispensación oportuna de medicamentos de control especial manejados por el Fondo Nacional de Estupefacientes.

1.5. Marco

1.5.1. Marco Teórico

Numerosos investigadores han trabajado en temas relacionados con pronósticos de ventas, aprovisionamiento y planeación de los inventarios dado su alto impacto en los resultados económicos de las organizaciones. Sin embargo, dichas investigaciones se enfocan en el sector industrial o manufacturero, por lo cual se hará énfasis en las investigaciones orientadas al sector salud.

De acuerdo con el objetivo de la investigación, se definen los siguientes conceptos:

La salud: Derecho fundamental establecido en el artículo 25 de la declaración universal de los derechos humanos y definida por la constitución de la OMS como “Un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”.

Instituciones Prestadoras de Salud (IPS): Según la Ley 100 de 1993, las IPS son las entidades oficiales, mixtas, privadas, comunitarias y solidarias, organizadas para la prestación de los servicios de salud a los usuarios del SGSSS dentro de las EPS o fuera de ellas. (Saavedra, 2013, p.21).

Medicamentos esenciales: De acuerdo a la OMS, son aquellos que cubren las necesidades de atención de salud prioritarias de la población. Su selección se hace atendiendo a la prevalencia de las enfermedades, su seguridad, eficacia y costo.

Logística Hospitalaria: Agrupa las actividades de transformación y de flujo de recursos y pacientes que soportan la prestación de los servicios de salud (Amaya, et al. 2010).

Gestión de inventario: Conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos.(Chase, 2009).

Abastecimiento: Como se cita en (Adarme, 2011, p.38) es el proceso responsable de adquirir todos los materiales requeridos por una organización y sus objetivos son el aseguramiento de los procesos de suministro, minimización del inventario, mejora de la calidad, gestión de proveedores, y la minimización de los costos totales

Clasificación ABC: Metodología que permite establecer prioridades de administración y participación de los ítems o referencias dentro de los ingresos, costos y utilidades para generar políticas y métodos de control en cada categoría.

Tabla 1. Clasificación ABC

Características	Políticas de control	Métodos de control
• Ítems clase A (los más importantes) • Relativamente pocos ítems • El mayor porcentaje del volumen de ventas (en \$)	• Control estricto con supervisión personal • Comunicación directa con la administración y los proveedores • Aproximación a <i>JIT</i> e inventario balanceado • Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas	• Monitoreo frecuente o continuo • Registros precisos • Pronósticos con suavización exponencial doble • Políticas basadas en el nivel de servicio al cliente
• Ítems clase B • Ítems importantes • Volumen de ventas (en \$) considerable	• Control clásico de inventarios • Administración por excepción • Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas	• Sistema de control computarizado clásico • Pronósticos con suavización exponencial simple • Reporte por excepciones
• Ítems clase C • Muchos ítems • Bajo volumen de ventas (en \$), pocos movimientos o ítems de muy bajo valor unitario	• Supervisión mínima • Pedidos bajo orden • Tamaños de orden grandes • Políticas de cero o de alto inventario de seguridad • Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas	• Sistema de control simple • Promedio móvil (aceptar el pronóstico) • Evitar agotados y exceso de inventario • Larga frecuencia de órdenes • Sistema automático

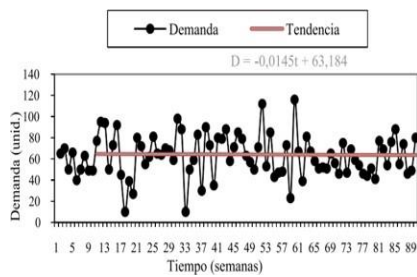
Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios

Metodología AHP: Metodología usada para evaluar diferentes alternativas organizándolas en una jerarquía de nodos con ramas y traduciendo juicios subjetivos sobre la importancia relativa de cada elemento en valores numéricos basados en una escala de comparación. (Flores, Olson, & Dorai, 1992)

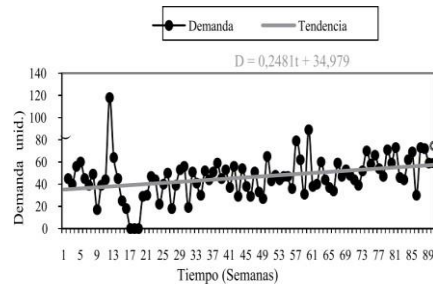
Demanda: describe el comportamiento que tiene el consumo de determinado ítem o referencia durante un periodo de tiempo. Tiene una función importante para determinar cómo manejar el control de los niveles de inventarios. (Ballou, 2004).

Existen diversos tipos de patrones de demandas, de los cuales se muestran algunos a continuación:

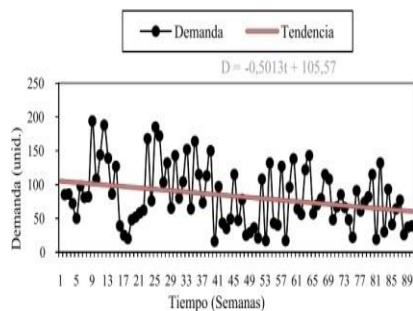
Ilustración 2. Patrones de demandas



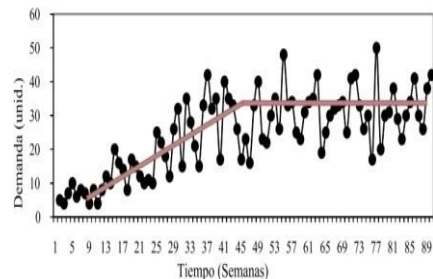
Demanda perpetua, estable o uniforme



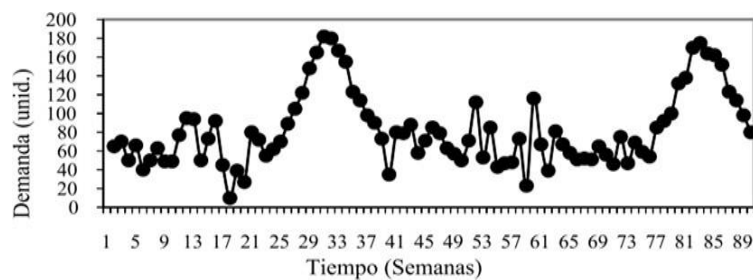
Demanda con tendencia creciente.



Demanda con tendencia decreciente



Demanda creciente y luego uniforme o perpetua



Combinación de demanda uniforme con estacional o periódica

Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios

Tabla 2. Sistemas de Pronósticos de acuerdo con el patrón de demanda observado.

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, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios

Modelos de inventario determinísticos: son aquellos en los cuales la demanda es independiente y está perfectamente determinada o es conocida para un periodo dado. (Rojas Tibaduiza, s.f, p.2)

Modelos de inventario probabilísticos: [consideran la variable de demanda como incierta o aleatoria en un periodo de tiempo determinado...] (Rojas Tibaduiza, s.f, p.2)

1.5.2. Marco Normativo

“La provisión de medicamentos, dispositivos médicos y tecnologías es un elemento fundamental en la construcción de los sistemas de salud porque constituyen herramientas terapéuticas de primera línea para la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de las enfermedades.” (Amariles, Restrepo & Rossi, 2012, p.2)

Sistema de seguridad social

Ley 100 de 1993

Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral, el cual comprende las instituciones, normas y procedimientos de los cuales disponen las personas para tener calidad de vida mediante el cumplimiento progresivo de los planes y programas que el estado desarrolla para proporcionar cobertura integral en salud. (Ministerio de Salud, 1996)

Servicio farmacéutico Decreto

numero 2200 de 2005

Por el cual se reglamenta el servicio farmacéutico y se dictan otras disposiciones.

El decreto destaca las actividades relacionadas con los medicamentos, las cuales incluyen la selección, adquisición, recepción, almacenamiento, distribución, comercialización, dispensación, control y aseguramiento de la calidad.

El equipo de salud y farmacéutico realizan todas las intervenciones relacionadas con los medicamentos y dispositivos médicos necesarias para el cumplimiento del servicio de salud. (Ministerio de la Protección Social, Decreto número 2200 del 2005).

Resolución número 1043 de 2006

Son los estándares básicos de estructura y de procesos que deben cumplir los prestadores de servicios de salud por cada uno de los servicios que prestan y que se consideran suficientes y necesarios para reducir los principales riesgos que amenazan la vida o la salud de los usuarios, en el marco de la prestación del servicio de salud. (Ministerio de la Protección Social, Resolución número 1043 de 2006).

Resolución 1403 de 2007

Determina los criterios administrativos y técnicos generales del modelo de gestión del servicio farmacéutico y adopta el manual de condiciones esenciales y procedimientos del servicio farmacéutico. (Ministerio de la Protección Social, Resolución 1403 de 2007).

Resolución 1478 de 2006, del ministerio de protección social

ARTÍCULO 1. Las disposiciones de la presente resolución se aplican a todas las entidades públicas, privadas y personas naturales que importen, exporten, procesen, manipulen, sinteticen, fabriquen, almacenen o distribuyan, vendan, consuman, dispensen o efectúen compra local de materias primas de control especial o sustancias sometidas a fiscalización, medicamentos o cualquier otro producto que las contengan. (Ministerio de la Protección Social, Resolución 1478 de 2006)

1.6. Estado del arte

Durante los últimos años se han realizado investigaciones y trabajos prácticos que analizan los sistemas de salud como un sistema logístico, pues pese a su complejidad existen en dicho sistema muchos de los factores presentes en una industria tradicional como lo son la utilización de recursos, tiempos de entrega, inventario, flujo de información entre otros.

Dichas investigaciones se han centrado en aplicar modelos de gestión de inventarios usados en un sistema logístico tradicional, adaptándolos a las particularidades y restricciones de un entorno de atención médica, de los cuales se hace síntesis de algunas de ellas:

Arango, Serna y Patiño (2017) presentan un modelo de programación estocástica para resolver los problemas de incertidumbre asociados a la gestión de inventarios de la cadena de suministro de medicamentos oncológicos de mayor costo y mayor rotación, para lo cual desarrollaron un algoritmo estocástico de dos etapas, donde la primera etapa consiste en minimizar el costo total representado por los costos de pedido, almacenamiento, producto y costos incurridos por subestimar la demanda y la segunda etapa captura la incertidumbre a través de la postulación de un conjunto de escenarios (w) que dan origen a un "análisis de escenarios" y una función objetivo que representa el riesgo asociado a la secuencia de decisiones que se toman. En la primera etapa se toma una decisión que busca minimizar los costos en los que se incurre cuando es necesario ajustar dicha decisión al escenario que tiene lugar.

Otálora, Camacho, Forero, y Ahumada (2016) en su artículo "Evaluación de políticas de gestión de inventarios de medicamentos para un sistema multinivel y multiproducto en el Hospital Universitario de La Samaritana (HUS)" analizan la eficiencia del proceso de gestión de inventarios en un sistema con M- proveedores, una bodega central (BC), y cuatro minoristas para la cadena de abastecimiento de medicamentos con el objetivo de determinar las cantidades

adecuadas de pedido desde la bodega central hacia sus proveedores y desde las farmacias auxiliares hacia la bodega central. Se determinó que la política más adecuada para la gestión del inventario era una política de resurtido de revisión periódica (OUL, R) con la que se logró una reducción de días con faltantes, aumento del nivel de servicios y reducción en los costos de inversión.

En el artículo “Propuesta de una Política de Gestión de Inventarios Multi- eslabón (s, Q) en Hospitales” de Aguirre, Figueroa, Romero, Ardila y Landinez (s.f), se implementa una estrategia para dar solución a la problemática de exceso de inventario en la bodega de la farmacia por el desorden en la administración del inventario generado por la ausencia de políticas para la gestión del mismo, lo anterior se realiza evaluando la viabilidad y el rendimiento de una política Multi-eslabón (s,Q), frente a mecanismos tradicionales de gestión de inventarios, y seleccionando un producto piloto para posterior análisis de su demanda y formulación de políticas de inventario considerando dos escenarios.

Hernández, Velasco y Amaya (2007), en su artículo “Modelo para el manejo eficiente de Inventarios en la Cadena de Abastecimiento de Medicamentos del Hospital El Tunal” plantean un modelo de inventario para un problema multinivel que asume una demanda constante y una revisión continua del mismo en cada punto de la cadena, y se centra en la coordinación efectiva de cantidades de pedidos, tiempos de entrega de la bodega central y cuatro farmacias auxiliares correspondientes a cada servicio hospitalario, Con el que se espera mejorar la eficiencia de las actividades llevadas a cabo en la cadena de abastecimiento al interior del hospital, reduciendo el nivel de costos de las mismas, sin dejar de cumplir los requerimientos de cada uno de los servicios existentes.

Cruz, Amaya y Aguirre (2009), presentan un modelo analítico que propone satisfacer un nivel de servicio tipo I del 90% que ofrece la farmacia de urgencias de una IPS, explicando la demanda mediante distribuciones de probabilidad e implementando un modelo de inventarios de revisión periódica (S, T) para 652 medicamentos, lo que permitió satisfacer los niveles de servicio establecidos por el hospital.

En el trabajo de grado de Marín y Montes (2013), denominado Sistema de gestión de inventarios para la farmacéutica United Pharma de Colombia S.A aplica la metodología ABC y pruebas de normalidad a los ítems clase A para posteriormente implementar un sistema de revisión continua que mejora el proceso de planificación agregando valor a la empresa.

Cubides y Suárez (2018) en el trabajo Diseño de una política de inventario para los medicamentos en el Hospital Regional de Sogamoso ESE, analizan la demanda a través de series de tiempos, métodos de pronósticos y pruebas de normalidad y homogeneidad para posteriormente definir una política de revisión continua que si bien no disminuyó costos de inventario pero que aumento el nivel de servicio de 95 a 99%.

Ramírez (2013) propone un modelo de optimización del sistema de inventarios de medicamentos y materiales médico-quirúrgicos para una Clínica Universitaria planteando un macro en Microsoft Excel que automatiza el procedimiento de actualizar la base de datos históricos de consumos, un modelo de suavización exponencial simple para pronosticar la demanda futura y un sistema de inventario de revisión periódica que permite definir la cantidad óptima que debe pedirse cada periodo, lo cual permitió disminuir los tiempos de operatividad en el proceso de compras y familiarizar al personal con el comportamiento y fluctuaciones de la demanda para tener un mejor acercamiento en la toma de decisiones de los pedidos mensuales.

Román (2010), en su trabajo “Propuesta de un modelo de gestión de inventarios que permita mejorar la planeación y la distribución de las medicinas a las farmacias de un hospital” implementa la matriz de Krajlic, la cual clasifica todos los medicamentos en cuatro categorías (estratégicos, palanca, cuellos de botella y no críticos) de acuerdo a su rentabilidad y riesgo de abastecimiento, lo que le permite identificar que los medicamentos antineoplásicos son los de mayor importancia, por lo cual plantea para los mismos un modelo de revisión continua por lote económico de pedido, con el que logra un aumento del 25% en el nivel de servicio al paciente.

En el artículo “Management of multicriteria inventory classification” de Flores, et al. (1992), se propone el uso del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para reclasificar 47 ítems del departamento de terapia respiratoria de un hospital, posterior a una clasificación ABC convencional, usando los criterios de demanda anual, costo unitario promedio, lead time y criticidad, lo que permite evidenciar la variación respecto a la clasificación monocriterio y por tanto mayor claridad para definir una política de inventario.

En la investigación de Olivares y Soria (2019) denominada “Propuesta de política óptima de compras para medicamentos en droguería del departamento de salud de Vicuña”, se propone una política óptima de compra para siete medicamentos de una farmacia, utilizando el modelo económico de cantidad de pedidos de Harris-Wilson, política que permitió un ahorro de más de diez millones.

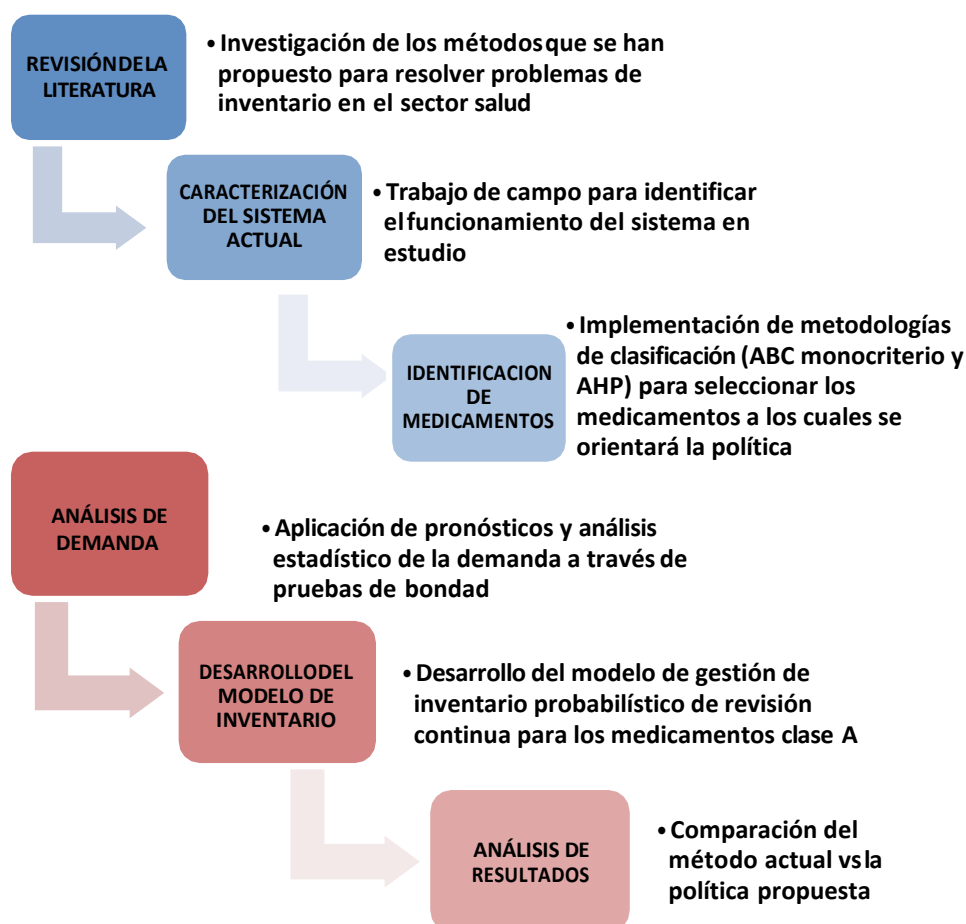
Arias (2015), en su tesis denominada “Control de inventarios de medicamentos e insumos utilizando la metodología de multicriterio en la bodega de la unidad quirúrgica en una IPS de la ciudad de Cali” propone una técnica de control de inventarios de medicamentos e insumos basada en la metodología de clasificación multicriterio, donde considerara los criterios de costo, rotación, crítico para el paciente, disponibilidad y especialidad quirúrgica, con lo que posteriormente aplica un modelo de control de inventarios de revisión continua, lo que le permitió al personal del almacén tener una herramienta para saber en qué momento reponer el inventario y cuanto ordenar, disminuyendo así los faltantes y mejorando su nivel de servicio.

1.7. Diseño del método de investigación

1.7.1. Metodología

Las actividades a desarrollar se dividieron en las siguientes fases:

Ilustración 3. Metodología del trabajo



Fuente: Elaboración propia.

1.7.2. Tipo de investigación

El enfoque de investigación que se empleará en el presente proyecto es de tipo descriptivo y propositivo, dado que se caracterizará el servicio farmacéutico de la IPS e identificarán los procesos críticos que afectan la calidad de su servicio, y a partir de la implementación de un modelo de gestión de inventario para una categoría específica de medicamentos, se orientará hacia la mejora de su proceso de abastecimiento.

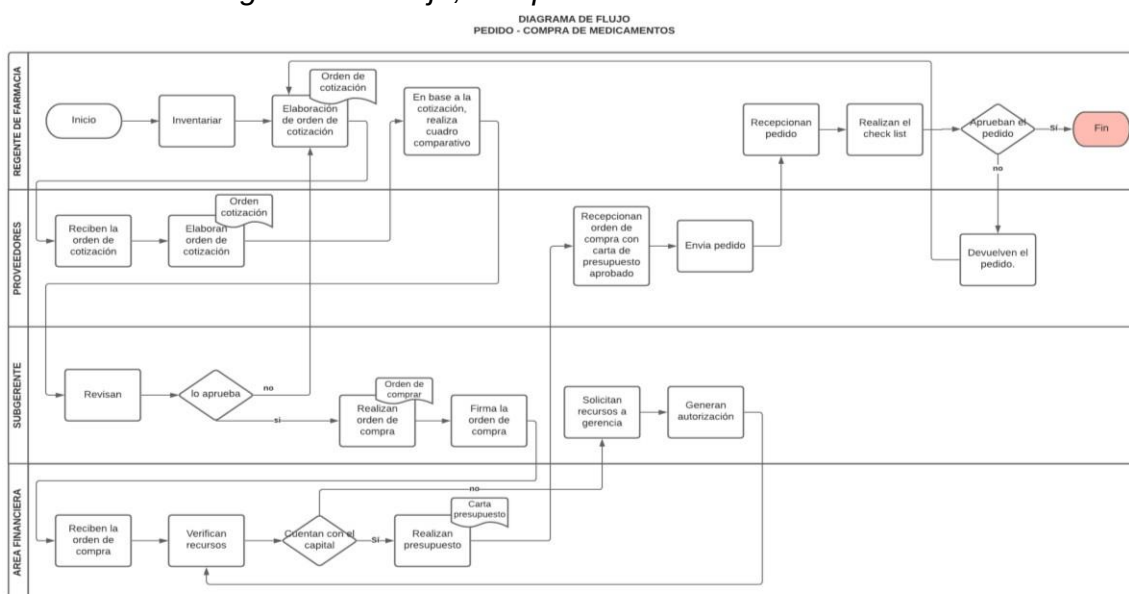
2. Desarrollo de la investigación

El desarrollo del objetivo general del proyecto conlleva a la realización de una serie de actividades que se describirán a continuación.

2.1. Caracterización del sistema actual

Para conocer el funcionamiento actual del sistema farmacéutico de la IPS se realizaron visitas y se entrevistó al personal encargado de la farmacia con el fin de conocer los elementos, actividades clave, etapas del proceso, tiempos, características y particulares de la entidad, identificando así las problemáticas e ineficiencias existentes. A partir de allí se realiza la caracterización del sistema como se muestra a continuación.

Ilustración 4. Diagrama de Flujo, compra de medicamentos.



Fuente: Elaboración propia.

El proceso inicia con hacer el inventario de las existencias para determinar qué cantidad debe pedirse con base al stock, solicitudes médicas o incrementos en la demanda debido a condiciones epidemiológicas. Se elabora una solicitud de cotización la cual es autorizada por el subgerente y enviada a los proveedores, quienes en un plazo de 1 a 3 días emiten respuesta de cotización. Con dicha respuesta se realiza un cuadro comparativo de precios y se elige el más indicado. Posteriormente ésta orden es remitida al subgerente quien revisa, aprueba y solicita los recursos al departamento financiero. Seguidamente la orden de compra es emitida al jefe de presupuesto quien determina la disponibilidad de los recursos. Una vez autorizada la compra por la subgerencia y presupuesto, se envía la orden al proveedor, quien en un tiempo de 10 a 15 días responde a la compra. Finalmente, se recepciona el pedido al cual se le realiza una revisión técnica para evaluar su idoneidad y ser aceptado.

2.2. Identificación de Medicamentos

Para clasificar e identificar los medicamentos de mayor importancia en el sistema de inventario, la farmacia nos proporcionó la base de datos (Ver **Anexo A**), que contiene el inventario promedio de medicamentos e insumos médicos generales. En ésta se documentan todas las referencias que manejan y las cantidades que en promedio se mantienen en existencia, encontrando un total de 609 ítems por un valor de \$311.237.690.

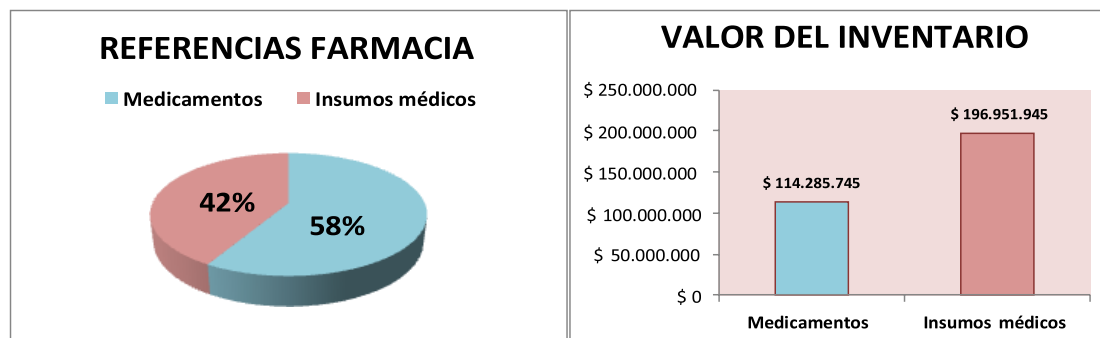
Dado que la farmacia no maneja las referencias por categorías o familias de productos, se procede a depurar la base de datos para extraer solamente los medicamentos en todas sus presentaciones (ampollas, tabletas, inhalados, comprimidos polvos, cremas, gotas), lo cual fue posible filtrando por la categoría de forma farmacéutica, para separar 254 referencias correspondientes a insumos médicos generales y obteniendo así un total de 355 fármacos.

Tabla 4. Inventario de medicamentos, farmacia de la IPS

INVENTARIO DE MEDICAMENTOS									
Item	Código	Nombre	Unidad Medida	Expediente	Forma Farmaceutica	Concentración	Cantidad	Costo Unitario	Inventario
1	00701FM	ACEITE MINERAL 450ML	UNID		FRASCO		2	\$ 8.971,33	\$ 17.942,66
2	00134FM	ACEITE MINERAL X 500ML -	UNID		FRASCO		1	\$ 9.240,53	\$ 9.240,53
3	00779FM	ACETAMINOFEN 1% 100ML AMPOLLA	UNID	20099563	AMPOLLA	A	1	\$ 16.667,00	\$ 16.667,00
353	00641FM	VITAMINA A 50.000U.I. CAPSULA.	TAB	19904368	CAPSULAS	A	521	\$ 88,49	\$ 46.103,29
354	00644FM	VITAMINA K 1MG/ML (FITOMENADIONA) SOLUCION	UNID	20032468	AMPOLLA		1066	\$ 587,16	\$ 625.912,56
355	00645FM	WARFARINA SODICA 5MG TABLETA.	TAB	20096037	TABLETA	A	488	\$ 89,00	\$ 43.432,00
TOTAL							199525	\$ 2.054.870,13	\$ 114.285.744,71

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5. Diagrama porcentaje de medicamentos e insumos médicos, con valor del inventario.



Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior nos permitió identificar que el inventario de la farmacia, está constituido en su mayor porcentaje por los medicamentos, lo que también nos muestra la participación en costos de las 2 categorías, y a pesar de que los insumos médicos representan el mayor valor en costos, el presente trabajo se limita únicamente a los medicamentos, dado que el acceso a éstos sigue siendo el principal desafío de salud pública no solo en Colombia sino a nivel mundial.

De acuerdo al informe Access to essential medicines as part of the right to health, de Hogerzeil, y Mirza (2011), al menos un tercio de la población mundial no tiene acceso regular a los medicamentos, lo que muestra que este problema es parte de la inequidad en la atención médica. Por consiguiente, en la última década el acceso

a los medicamentos esenciales fue reconocido como parte del derecho fundamental al más alto nivel posible de salud, lo que amerita que los gobiernos y sistemas de salud deban enfocar estrategias que fortalezcan aun más los programas nacionales de medicamentos esenciales

Una vez obtenidas todas las referencias de medicamentos, se realiza la clasificación ABC (Ver **Anexo B**), por el criterio de costo total mensual, lo cual arroja los siguientes resultados:

Tabla 5. Resumen de la clasificación ABC

SÍNTESIS CLASIFICACIÓN ABC				
Clase de inventario	Cantidad de ítems	% del total de ítems	Costo mensual (\$/mes)	% de costos mensuales
A	37	10%	\$ 67.790.088	59%
B	77	22%	\$ 30.752.356	27%
C	241	68%	\$ 15.743.301	14%
TOTAL	355	100%	\$ 114.285.745	100%

Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que esta clasificación se realiza por volumen mensual en pesos dado que la farmacia no posee un histórico consolidado de la demanda anual de cada medicamento, por ausencia de un sistema tecnológico que así se los permita.

Inicialmente la intención era plantear una política de inventario para todos los medicamentos clase A, sin embargo, constatamos que no era posible acceder a la información de la demanda de cada medicamento, pues la entidad carece de un sistema informático que les permita optimizar el manejo del inventario en cuanto al adecuado registro, manejo y disponibilidad de la información, cuestión que dificultó el acceso a los históricos de demanda, y más a la cantidad que se requería (históricos de demanda de 37 medicamentos), pues para el regente era complicado y tomaba tiempo obtener el consumos de cada uno, adicional a ello, dicho consumo está registrado en días y de manera individual, generando archivos muy grandes y de manejo tedioso.

Por tanto, se decidió realizar una segunda clasificación ABC a los medicamentos clase A, dando como resultado 6 referencias en categoría A, 12 en categoría B y 20 en clase C, y posteriormente evaluar los 37 medicamentos a través de la metodología AHP, con el fin de seleccionar bajo unos criterios adicionales, los medicamentos más esenciales para la prestación oportuna del servicio, pues ésta técnica permite la estimación de varios criterios reduciéndolos a una medida univariante y consistente para considerar múltiples objetivos de gestión de inventario.(Flores, et al.1992).

En primer lugar, para la selección de los criterios, se partió de aquellos que con frecuencia se aplicaron en la literatura consultada, y de manera consensuada con el personal de la farmacia se definieron los siguientes:

- Costo: hace referencia al costo de cada medicamento.

- Crítico: se refiere a cuan indispensable es el medicamento para la atención del paciente y el funcionamiento del sistema.
- Lead time: tiempo que transcurre desde el momento en que se emite la orden de pedido, hasta la recepción del mismo.

Una vez definidos los criterios, se organizaron en una jerarquía de un nivel y se hizo la elección de los jueces quienes establecieron los pesos para cada criterio. Para ello, se involucró la opinión de cuatro personas cuyo campo de acción es el de la asistencia y la administración en salud, es decir, el regente de farmacia de la IPS en cuestión, un médico, un gerente y un regente de farmacia de otra entidad prestadora de salud. La metodología consistió en una encuesta en la que cada uno debía evaluar la importancia de un criterio respecto a otro (Ver **Anexo C**), es decir, la comparación por pares basada en la escala de Saaty, con lo cual se construyó la matriz de preferencias entre criterios de cada juez como se ejemplifica:

Tabla 6. Matriz resultante de la encuesta, Regente de farmacia de la IPS

MATRIZ DE PREFERENCIAS ENTRE CRITERIOS			
CRITERIOS	Costo	Crítico	Lead Time
Costo	1	1/4	1/3
Crítico	4	1	1
Lead Time	3	1	1
SUMA	8	2,3	2

Fuente: Elaboración propia.

Estas comparaciones indican que para el regente de farmacia el COSTO se considera entre moderada y fuertemente menos preferido respecto a lo CRITICO (y su inverso se interpreta como: lo crítico se considera entre moderada y fuertemente preferido respecto al costo), el COSTO es moderadamente menos preferido que el LEAD TIME, y lo CRITICO es igualmente preferido respecto al LEAD TIME.

Posteriormente se evaluó el coeficiente de consistencia de cada matriz (proceso que se explicará más adelante) para determinar si es aceptable, lo cual es definido cuando su valor es menor o igual a 0,1. Al evaluarse tal coeficiente, se evidenció que algunos expertos presentaban valores en la razón de consistencia mayor a 0,1, lo que es considerado como no aceptable o contradictorio, por lo cual cada experto debió revisar y replantear nuevamente sus estimaciones hasta que fueran consistentes.

Tabla 7. Coeficiente de consistencia de cada matriz de preferencias, donde MC: matriz consistente

JUEZ	COMPARACIÓN ENTRE CRITERIOS	
	CC	Estado
1	0,01	MC
2	0,02	MC
3	0,04	MC
4	0,10	MC

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la técnica AHP toma múltiples valoraciones, se hace necesaria la elaboración de una matriz consensuada que sintetice en uno solo el juicio de los expertos. Para ello, se tomó como referencia el trabajo de Mendoza, Solano, Palencia & García (2019) titulado “Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos” quienes aplicaron la técnica de media geométrica para la construcción de dicha matriz.

Una vez recopilados los juicios individuales de los jueces (Ver **Anexo B**), se construyó la matriz consensuada de preferencias entre criterios a partir de la técnica de la media geométrica, la cual se aplica a través de la siguiente Ecuación 1:

$$MG = \sqrt[n]{X_1.X_2.X_3 \dots \dots X_n} \quad (1)$$

Donde X representa la calificación otorgada por los jueces a un par de criterios determinado.

Tabla 8. Consolidación de comparaciones por cada juez.

MEDIA GEOMÉTRICA			
JUECES	Costo Crítico	Costo Lead Time	Crítico Lead Time
Juez 1	1/4	1/3	1
Juez 2	1/5	1/3	1
Juez 3	1	2	4
Juez 4	1/3	2	2
Med.Geo.	0,36	0,82	1,68

Fuente: Elaboración propia.

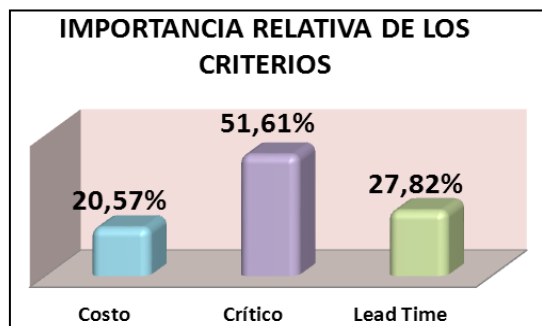
Tabla 9. Matriz de preferencias consolidada

MATRIZ DE PREFERENCIAS ENTRE CRITERIOS			
CRITERIOS	Costo	Crítico	Lead Time
Costo	1	0,36	0,82
Crítico	2,78	1	1,68
Lead Time	1,22	0,59	1
SUMA	5	2,0	3

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, para calcular los pesos relativos de cada criterio, se normalizó la matriz de preferencias entre criterios dividiendo cada elemento entre la suma de su columna, obteniendo así una matriz normalizada. Para el cálculo del vector prioridad de cada criterio, que representarán la ponderación asignada a cada uno y la solución del juicio de expertos, se promedió cada fila de la matriz normalizada, dando como resultado los siguientes pesos:

Ilustración 6. Pesos resultantes de la matriz consensuada.



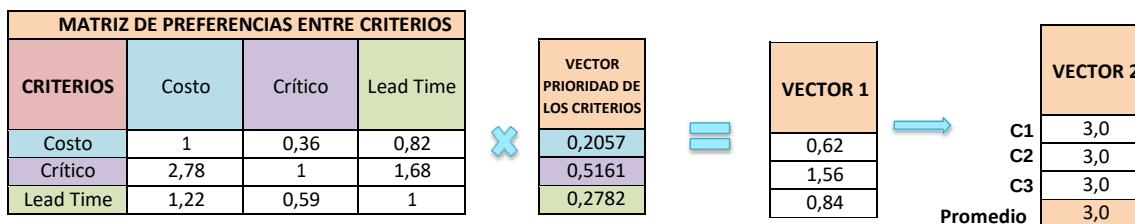
Fuente: Elaboración propia.

Las ponderaciones indican que, el criterio que más importancia tiene para la toma de decisiones respecto a la gestión del inventario de medicamentos en la farmacia, y por tanto para la oportuna prestación del servicio de salud, es la criticidad, con un porcentaje de preferencia del 52%, seguido del Lead time y el costo con un 28% y 21% respectivamente. Con estos pesos se evaluó cada medicamento categorizados como A en la primera clasificación.

Lo anterior muestra que, como argumenta (Flores, et al. 1992), algunos equipos pueden tener características muy críticas que requieren una consideración más allá de lo reflejado en su valor monetario y que además, el plazo de entrega de un artículo puede tener una influencia en la política de gestión de los inventarios.

Después, para calcular el índice de consistencia, se toma la matriz de preferencias entre criterios y se multiplica matricialmente por el vector prioridad de los criterios, obteniendo un vector. Cada elemento de este vector resultante se divide por cada elemento del vector prioridad. Nuevamente se obtiene un segundo vector, cuyo promedio es el $\lambda_{\max}$ (3,0).

Ilustración 7. Cálculo del $\lambda_{\max}$



Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se calcula el índice de consistencia con la siguiente Ecuación 2:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \Rightarrow IC = \frac{30 - 3}{3 - 1} = 0,01 \quad (2)$$

Donde n es igual al número de criterios. Luego, se calcula el índice aleatorio como se muestra en la Ecuación 3:

$$IA = \frac{1,98(n-2)}{n} \Rightarrow IA = \frac{1,98(3-2)}{3} = 0,66 \quad (3)$$

Finalmente, obtenemos el coeficiente de consistencia de la Ecuación 4:

$$CC = \frac{IC}{IA} \Rightarrow CC = \frac{0,01}{0,66} = 0,01 \quad (4)$$

Dado que el CC es menor a 0,1, se considera que la evaluación subjetiva fue consistente.

Siguiendo como referencia el trabajo denominado “Management of multicriteria inventory classification” de Flores, et al. (1992), una vez obtenidos los pesos de cada criterio, tomamos los 37 medicamentos clase A, y a través de una segunda encuesta que se le realizó a un médico ajeno a la entidad se le asignó a cada referencia, un valor de criticidad de: 1 si el medicamento es muy critico, 0,5 moderadamente critico y 0,01 si es poco critico (Ver **Anexo C**). Estos valores se asignaban teniendo en cuenta cuan indispensable es el medicamento para la atención del paciente, y por tanto para su bienestar, considerando también si el medicamento tiene muchos o pocos análogos para ser reemplazado en caso de que dicho medicamento estuviese ausente. Al mismo tiempo se le asigno de manera aleatoria a cada ítem el lead time, pues este tiempo varía en cada pedido pero siempre oscila entre 10 y 15 días según lo reportado por el regente de farmacia.

Evaluable cada ítem en cada criterio, se obtiene el peso compuesto final para cada medicamento sumando el producto del peso del criterio (obtenido a través de la metodología AHP) por su normalización (convertir las unidades diferentes de cada criterio a una escala de 0-1 común) como se muestra en la Ecuación 5:

$$\text{peso C1} \left(\frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \right) + \text{peso C2} \left(\frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \right) + \text{peso C3} \left(\frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \right) \quad (5)$$

Donde **peso C** (C1= criterio1) hace referencia a la ponderación para cada criterio resultante de la metodología AHP, F_i es el valor del criterio en cuestión (ej: valor de costo, puntaje de criticidad y días de lead time de la referencia), $F_{\max}$ el valor máximo del criterio y $F_{\min}$ el valor mínimo del criterio. A continuación, se ejemplifica en la Ecuación 5:

$$0,2057 ((6.363.655 - 755.875) / (6.854.020 - 755.875)) + 0,5161 ((0,01 - 0,01) / (1 - 0,01)) + 0,2782 ((13 - 10) / (15 - 10)) = 0,3561$$

Tabla 10. Normalización y ponderación final para cada medicamento.

PESO					0,2057	0,5161	0,2782	Normalización
Item	Código	Nombre	Cantidad	Costo unitario	Inventario	Criticidad	Lead Time	Peso Pond.
1	00452FM	MEROPENEM 1GR/ML SOLUCION INYECTABLE.	485	\$ 14.132,00	\$ 6.854.020,00	1	14	0,9444
2	00256FM	CLARITROMICINA 500MG/10ML POLVO INYECTABLE	323	\$ 19.701,72	\$ 6.363.655,56	0,01	13	0,3561
3	00269FM	CLORURO DE SODIO 0.9%/500ML BOLSA.	2375	\$ 2.384,57	\$ 5.663.353,75	1	12	0,7929
4	00024FM	AMPICILINA Y SULBACTAM 1.5GR POLVO PARA INYEC	2832	\$ 1.574,58	\$ 4.459.210,56	1	10	0,6410
5	00509FM	PIPERACILINA+TAZOBACTAM 4GR/500MG POLVO PA	345	\$ 8.493,60	\$ 2.930.292,00	1	13	0,7564
6	00607FM	TRAZODONA 50MG TABLETA	4067	\$ 639,28	\$ 2.599.951,76	0,01	15	0,3404
7	00148FM	ADENOSINA 6MG/2ML SOLUCION INYECTABLE.	79	\$ 31.336,65	\$ 2.475.595,35	1	11	0,6297
8	00390FM	INSULATARD DETEMIR (LEVEMIR) 100UI/3ML	60	\$ 34.308,09	\$ 2.058.485,40	0,5	10	0,2994
9	00450FM	MEDROXIPROGESTERONA+ESTRADIOL CIPIONATO 2	668	\$ 3.062,41	\$ 2.045.689,88	0,01	10	0,0435

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el puntaje relativo para cada ítem (Ver **Anexo B**), se organizan de mayor a menor respecto a dicho puntaje, observando cambios importantes que muestran cómo el método tradicional de clasificar los artículos de un inventario utilizando solamente su costo, puede no ser tan apropiado en algunas circunstancias, dado que la técnica enfatiza demasiado la importancia de los ítems que tienen un costo alto pero que pueden ser poco importantes para la empresa y este caso para un paciente.

Tabla 11. Reclasificación de los ítems por la metodología AHP.

ORGANIZADOS DE MAYOR A MENOR POR PESO PONDERADO								
PESO					0,2057	0,5161	0,2782	Peso Pond.
Item	Código	Nombre	Cantidad	Costo unitario	Inventario	Criticidad	Lead Time	Peso Pond.
1	00452FM	MEROPENEM 1GR/ML SOLUCION INYECTABLE.	485	\$ 14.132,00	\$ 6.854.020,00	1	14	0,9444
35	00303FM	METAMIZOLMAGNESICO 2GR/5ML SOLUCION INYEC	662	\$ 1.266,84	\$ 838.648,08	1	15	0,7971
3	00269FM	CLORURO DE SODIO 0.9%/500ML BOLSA.	2375	\$ 2.384,57	\$ 5.663.353,75	1	12	0,7929
5	00509FM	PIPERACILINA+TAZOBACTAM 4GR/500MG POLVO PA	345	\$ 8.493,60	\$ 2.930.292,00	1	13	0,7564
20	00257FM	CLINDAMICINA 300MG CAPSULA.	2431	\$ 494,63	\$ 1.202.445,53	1	14	0,7538
4	00024FM	AMPICILINA Y SULBACTAM 1.5GR POLVO PARA INYEC	2832	\$ 1.574,58	\$ 4.459.210,56	1	10	0,6410
7	00148FM	ADENOSINA 6MG/2ML SOLUCION INYECTABLE.	79	\$ 31.336,65	\$ 2.475.595,35	1	11	0,6297
29	00544FM	ROCURONIO BROMURO 50MG/5ML SOLUCION INYEC	81	\$ 12.333,67	\$ 999.027,27	1	11	0,5799
15	00801FM	BROMURO DE IPRATROPIO (ATROVENT) 25MG/100M	29	\$ 46.851,00	\$ 1.358.679,00	0,5	15	0,5540

Fuente: Elaboración propia.

Los colores en la columna izquierda (ítem) indica la clase en la que fue categorizado el fármaco en la segunda clasificación que se hizo por costo total, es decir, rojo corresponde a categoría A, verde a categoría B, y azul a C el color en la columna derecha indica en qué categoría se ubicaron las referencias con la metodología AHP.

Por ejemplo, se pudo observar que 4 ítems que inicialmente fueron clasificados como A (por su alto costo) permanecieron en A dado que fueron calificados como muy críticos, y su LT oscila entre 10 y 15 días.

2 ítems que estaban en clase C (por su “bajo” costo), subieron a clase A por considerarse muy críticos y con tiempos de entrega relativamente largos (14 y 15 días)

2 ítems clase A, con tiempos de entrega entre de 14 y 11 días, pese a tener un costo total de inventario alto pasaron a B y C por considerarse poco críticos.

2 ítem clase C, subieron a clase B por considerarse críticos, pero con tiempos de entrega relativamente cortos (10 y 11 días).

Y así como se ejemplifica, la mayoría de los medicamentos pasaron de una categoría a otra.

Ilustración 8. Posición de los medicamentos respecto a cada clasificación

CLASIFICACION CONVENCIONAL VS AHP					
ITEM	ABC	AHP	ITEM	ABC	AHP
1	A	A	20	C	A
2	A	B	21	C	B
3	A	A	22	C	B
4	A	A	23	C	C
5	A	A	24	C	C
6	A	C	25	C	B
7	B	B	26	C	B
8	B	C	27	C	C
9	B	C	28	C	C
10	B	C	29	C	B
11	B	C	30	C	C
12	B	C	31	C	C
13	B	C	32	C	C
14	B	C	33	C	C
15	B	B	34	C	C
16	B	C	35	C	A
17	B	B	36	C	B
18	B	C	37	C	B
19	C	C			

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior nos muestra cómo un ítem evaluado bajo un solo criterio puede clasificar diferente cuando es medido bajo diferentes parámetros, es decir, un medicamento puede ser muy costoso, pero no tan crítico, otro puede ser muy crítico, pero tener un lead time muy corto, o puede no ser tan costoso, pero ser crítico, y todas estas consideraciones permiten una visión más amplia para orientar la toma de decisiones.

Identificados los medicamentos más esenciales para la adecuada prestación del servicio y por tanto para el bienestar del paciente, los cuales corresponden a 6 medicamentos, se procede a estudiar la demanda actual de los mismos, lo que permite identificar el comportamiento de los datos, establecer los tipos de pronóstico a emplear y qué modelo de inventario establecer.

2.3. Estudio de la demanda

2.3.1. Sistemas de pronósticos.

Ya clasificados los medicamentos, se desarrolla el sistema de pronósticos, con lo cual, se prevé el comportamiento de la demanda a satisfacer. Los datos utilizados corresponden a la demanda mensual de los medicamentos en los últimos 15 meses (desde junio de 2019 hasta septiembre de 2020), (Ver **Anexos D, E, F, G, H, I**).

Tabla 12. Demanda de la Piperacilina Tazobactam

REGISTRO DE DEMANDA		
AÑO	MES	DEMANDA (und/mes)
2019	1	89
2019	2	59
2019	3	38
2019	4	45
2019	5	9
2019	6	55
2020	7	84
2020	8	222
2020	9	86
2020	10	54
2020	11	56
2020	12	93
2020	13	57
2020	14	78
2020	15	27

Fuente: Elaboración propia.

Se inicia con la identificación del patrón de demanda de cada producto, las cuales se catalogan como erráticas y no erráticas de acuerdo con el cálculo del coeficiente de variación.

$$C.V. \text{ de la demanda} = \frac{\text{Desviación Estándar de la demanda}}{\text{Demanda Promedio}} \quad (6)$$

Si el Coeficiente de Variación es mayor o igual que 1, la demanda se define como errática, en caso contrario, puede considerarse estacionaria o perpetua. Claramente, entre menor sea el C.V. de la demanda, menor es su grado de aleatoriedad. Sin embargo, esto es una regla muy general y cada caso debe analizarse en forma particular.

La Tabla 13 muestra que los medicamentos seleccionados presentan una demanda no errática con patrón regular, debido a que su CV es menor que 1.

Tabla 13. Coeficiente de variación de la demanda de cada medicamento.

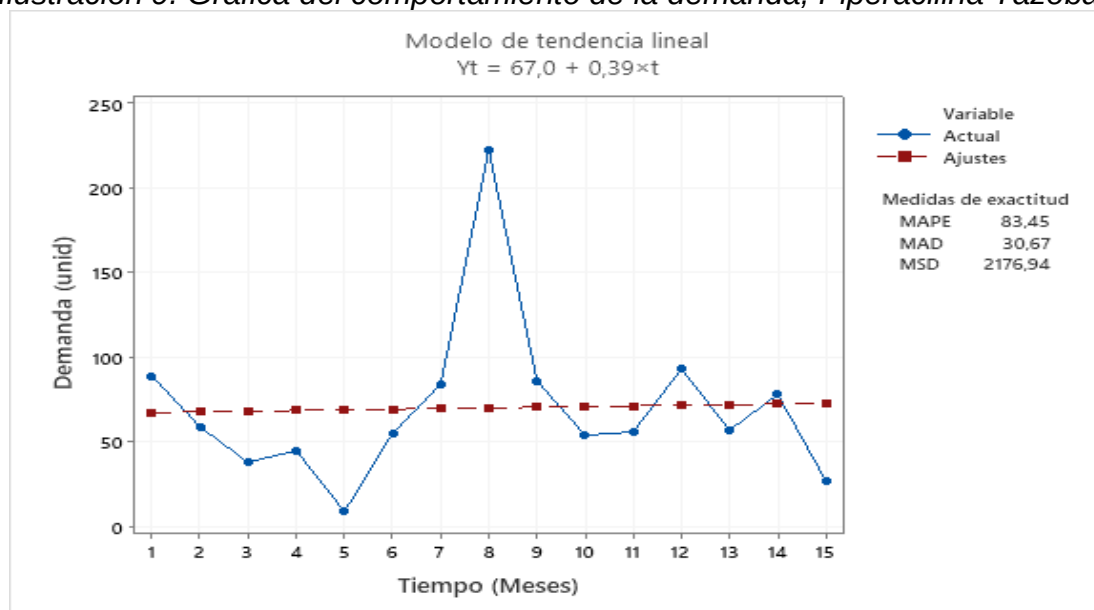
CÓDIGO	NOMBRE	CV	TIPO DE DEMANDA	PATRÓN
00509FM	PIPERACILINA TAZOBACTAM	0,689	No errática	Regular
00257FM	CLINDAMICINA	0,359	No errática	Regular
00391FM	MEROPENEM	0,696	No errática	Regular
00269FM	CLORURO DE SODIO	0,336	No errática	Regular
00303FM	METAMIZOL MAGNÉSICO	0,732	No errática	Regular
00316FM	AMPICILINA SULBACTAM	0,515	No errática	Regular

Fuente: Elaboración propia.

Además de analizar el coeficiente de variación de la demanda, se observa en la Tabla 2 que se encuentra establecido para este tipo de demanda no erráticas y con una tendencia creciente o decreciente, tres técnicas de los pronósticos (promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble), definidas en el libro de Vidal, 2010, 45 pp. Para el caso, se seleccionara el método que arroje un menor ECM, MAD y MAPE.

La referencia 00509FM, correspondiente al medicamento de la Piperacilina Tazobactam, será el ejemplo de la aplicación de los métodos elegidos, para los otros 5 medicamentos, (Ver **Anexo I**).

Ilustración 9. Grafica del comportamiento de la demanda, Piperacilina Tazobactam



Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.1. Promedio Móvil Simple

Para la referencia 00509FM se calculó el promedio móvil, donde se obtiene un $N_{\text{óptimo}} = 10$, determinado por el menor ECM, el cual corresponde a 773,13 como se puede observar en la Tabla 14.

Tabla 14. Promedio Móvil – Piperacilina Tazobactam

PROMEDIO MOVIL SIMPLE CON N=10							
Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático	APE	APE'
1	89						
2	59						
3	38						
4	45						
5	9						
6	55						
7	84						
8	222						
9	86						
10	54						
11	56	74,10	-18,10	18,10	327,61	32,32%	24,43%
12	93	70,80	22,20	22,20	492,84	23,87%	31,36%
13	57	74,20	-17,20	17,20	295,84	30,18%	23,18%
14	78	76,10	1,90	1,90	3,61	2,44%	2,50%
15	27	79,40	-52,40	52,40	2745,76	194,07%	65,99%
16		81,20		22,36	773,13	56,58%	29,49%
				MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia.

La selección del valor n se realizó mediante iteraciones que varían con N desde 6 hasta 12. De acuerdo con Vidal (2010), debe escogerse el valor de N , que minimice un indicador específico de precisión del pronóstico. Para hacer este ejercicio, se puede variar N , por ejemplo, desde 6 hasta 15, aunque algunos

autores sugieren hacerlo entre 6 y 20. Valores inferiores a 6 pierden demasiada información histórica de demanda y pueden tornar el pronóstico demasiado “nervioso” al darle demasiado peso a los últimos datos de demanda; por el contrario, valores superiores a 20 pueden estar considerando historia de demanda muy antigua que ya no refleje la situación actual del sistema.

La Tabla 15 muestra el resultado de este experimento para cada uno de los indicadores de precisión del pronóstico.

Tabla 15. Resumen errores de pronóstico PMS – Piperacilina Tazobactam

RESUMEN				
N	ECM	MAD	MAPE	MAPE'
6	4128,62	42,24	55,06%	70,62%
7	4417,16	44,43	63,99%	65,93%
8	861,90	23,77	56,73%	28,77%
9	880,84	23,78	59,24%	29,84%
10	773,13	22,36	56,58%	29,49%
11	782,23	22,75	59,80%	30,52%
12	820,21	23,25	69,71%	31,76%

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.2. Suavización Exponencial Simple

Para este método se utilizó un α igual a 0.3, el cual se obtuvo a través del Solver de Excel, variando el valor de entre 0.01 y 0.3 de manera que se obtenga el menor ECM.

Tabla 16. Suavización Exponencial Simple – Piperacilina Tazobactam

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE							
Semana	Demanda	Pronóstico exponencial simple	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático	APE	APE'
1	89	70,13					
2	59	70,32	-11,32	11,322	128,187684	0,19	0,16
3	38	70,21	-32,21	32,20878	1037,40551	0,85	0,46
4	45	69,89	-24,89	24,8866922	619,347449	0,55	0,36
5	9	69,64	-60,64	60,6378253	3676,94585	6,74	0,87
6	55	69,03	-14,03	14,031447	196,881506	0,26	0,20
7	84	68,89	15,11	15,1088674	228,277875	0,18	0,22
8	222	69,04	152,96	152,957779	23396,0821	0,69	2,22
9	86	70,57	15,43	15,428201	238,029386	0,18	0,22
10	54	70,73	-16,73	16,726081	279,761787	0,31	0,24
11	56	70,56	-14,56	14,5588202	211,959246	0,26	0,21
12	93	70,41	22,59	22,586768	510,162088	0,24	0,32
13	57	70,64	-13,64	13,6390997	186,02504	0,24	0,19
14	78	70,50	7,50	7,4972913	56,2093769	0,10	0,11
15	27	70,58	-43,58	43,5776816	1899,01433	1,61	0,62
16		70,14		31,80	2333,16	88,54%	45,60%
				MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.3. Suavización exponencial doble

Para hallar los datos de inicio del pronóstico con suavización exponencial doble para la referencia 00509FM, se identificaron los valores de $a_1(0)$, que representa una primera estimación del corte con el eje y, referida al tiempo cero de los datos utilizados para la inicialización, $b_1(0)$ que representa la estimación del valor constante alcanzado por la demanda, determinado con base en la regresión lineal de datos históricos, $b_2(0)$ que corresponde a la pendiente de la tendencia de la demanda. Se realiza la suavización de α mediante el aplicativo de Solver de Excel, variando su valor entre >0 y ≤ 1 de manera que se obtenga el menor ECM, MAD y MAPE.

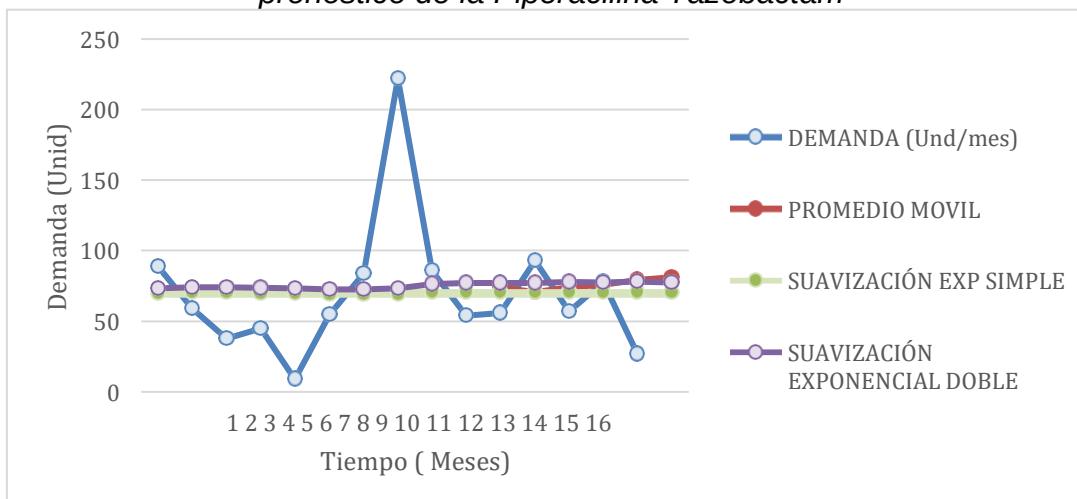
Tabla 17. Suavización exponencial doble suavizada – Piperacilina Tazobactam

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE CON SOLVER									
T	XT	St	St[2]	Pronóstico	Error	Error Absol.	Error Cuadr.	APE	APE'
0		34,647619	-3,53809524						
1	89	35,19	-3,15	73	15,7809524	15,78	249,04	17,73%	21,55%
2	59	35,43	-2,77	74	-14,920381	14,92	222,62	25,29%	20,18%
3	38	35,45	-2,38	74	-36,0092657	36,01	1296,67	94,76%	48,66%
4	45	35,55	-2,00	74	-28,6748807	28,67	822,25	63,72%	38,92%
5	9	35,28	-1,63	73	-64,4835825	64,48	4158,13	716,48%	87,75%
6	55	35,48	-1,26	73	-17,5732428	17,57	308,82	31,95%	24,21%
7	84	35,97	-0,89	73	11,4053385	11,41	130,08	13,58%	15,71%
8	222	37,83	-0,50	73	148,806105	148,81	22143,26	67,03%	203,30%
9	86	38,31	-0,11	77	9,45771656	9,46	89,45	11,00%	12,36%
10	54	38,47	0,27	77	-23,1185852	23,12	534,47	42,81%	29,98%
11	56	38,64	0,66	77	-21,0443066	21,04	442,86	37,58%	27,31%
12	93	39,19	1,04	77	15,9907982	15,99	255,71	17,19%	20,76%
13	57	39,36	1,43	78	-20,7126946	20,71	429,02	36,34%	26,65%
14	78	39,75	1,81	78	0,31628331	0,32	0,10	0,41%	0,41%
15	27	39,62	2,19	78	-51,073247	51,07	2608,48	189,16%	65,42%
16				77					
						31,96	2246,06	91,00%	42,88%
						MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 10 se grafica el comportamiento de la demanda de acuerdo con el pronóstico obtenido en la aplicación de los métodos (promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble) y se compara con los datos originales de la Piperacilina Tazobactam.

Ilustración 10. Grafica del comportamiento de la demanda con los tres métodos de pronóstico de la Piperacilina Tazobactam



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 18 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en la aplicación de los métodos de pronóstico utilizados y se selecciona el método que arroja menor error para los seis medicamentos seleccionados.

Tabla 18. Errores del pronóstico de los medicamentos clase A.

CÓDIGO	MEDICAMENTO	ECM	MAD	MAPE	MAPE'	MÉTODO
00509FM	PIPERACILINA TAZOBACTAM	773,1	22,4	56,6%	29,5%	Promedio Móvil
00024FM	AMPICILINA Y SULBACTAM	43820,3	183,5	61,4%	33,5%	Suavización Exponencial Simple
00452FM	MEROPENEM	229,7	12,7	207,2%	40,6%	Promedio Móvil
00044FM	CLINDAMICINA	4470,7	49,7	43,9%	20,6%	Promedio Móvil
00269FM	CLORURO DE SODIO	200171,3	338,1	23,7%	21,9%	Suavización Exponencial Simple
00303FM	METAMIZOL MAGNÉSICO	17988,3	116,8	91,0%	37,7%	Promedio Móvil

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de los métodos de pronóstico y el análisis de sus errores, permitieron concluir que se descarta el uso de ésta herramienta para la estimación de la demanda, pues de acuerdo a la Tabla 18, en promedio los pronósticos fallan en un 81% (promedio del MAPE), es decir, se esperaría que un pronóstico calculado sea aproximadamente 81% diferente a la demanda real de ese periodo, adicional a ellos no se considera viable su uso dado el corto horizonte de tiempo que se tuvo para la estimación de los mismos, lo que también genera un sesgo en el resultado.

2.3.2. Combinación de pronósticos

La primera referencia sobre el uso de pronósticos combinados se encuentra en Barnard (1963). En su trabajo, Barnard comparó los pronósticos basados en la metodología de Box-Jenkins con los obtenidos usando procedimientos de suavización exponencial clásicos, y observó que, aunque la técnica propuesta por Box-Jenkins en general producía los mejores pronósticos (en el sentido que minimizaban el error cuadrático medio), un promedio simple de los dos era superior.

Este hallazgo promovió la investigación sobre la existencia de alguna otra combinación de los pronósticos que fuera aún mejor que dicho promedio. Los primeros en explorar esta posibilidad fueron Bates y Granger (1969) quienes encontraron que bajo el supuesto de que cada predictor fuera insesgado, las ponderaciones óptimas para la combinación deberían sumar la unidad. De esta forma se produce un pronóstico combinado insesgado que frecuentemente tiene un error cuadrático medio menor que cualquiera de los pronósticos individuales. La conclusión más importante de los estudios de Granger y su grupo fue la de señalar que en la construcción de un pronóstico se debe emplear toda la evidencia disponible. En la práctica esto implica que sería mejor usar varios modelos y combinarlos, y no seleccionar uno sólo.

Por lo cual, se realiza el método de combinación lineal convexa, buscando que se genere una sinergia entre los métodos de pronósticos ya aplicados (promedio móvil, suavización exponencial simple y doble), y combinarlos para obtener un error cuadrático medio menor, (Ver **Anexo D,E,F,G,H,I**).

Tabla 19. Combinación lineal convexa - – Piperacilina Tazobactam

COMBINACIÓN LINEAL CONVEXA							
Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático	APE	APE'
1	89						
2	59		a1	-1,00			
3	38		a2	1,00			
4	45		a3	0,86			
5	9						
6	55						
7	84						
8	222						
9	86						
10	54						
11	56	62,58	-6,58	6,58	43,26	11,74%	10,51%
12	93	65,70	27,30	27,30	745,21	29,35%	41,55%
13	57	63,13	-6,13	6,13	37,59	10,76%	9,71%
14	78	61,07	16,93	16,93	286,63	21,71%	27,72%
15	27	58,18	-31,18	31,18	972,13	115,48%	53,59%
				17,62	416,96	37,81%	28,62%
				MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 19 el error cuadrático medio es menor al combinar los métodos de pronósticos, por lo tanto, se aplica el método a los 6 medicamentos elegidos y se obtiene la Tabla 20, en ella, se puede observar que la disminución del error cuadrado medio es evidente en los 6 medicamentos seleccionados al igual que la disminución de la MAD, MAPE Y MAPE', en comparación con la Tabla 18.

Tabla 20. Errores de la combinación lineal convexa de los medicamentos de clase A.

MEDICAMENTO	ECM	MAD	MAPE	MAPE'
PIPERACILINA TAZOBACTAM	416,96	17,62	37,8%	28,6%
METAMIZOL MAGNÉSICO	5654,61	72,20	32,2%	31,5%
MEROPENEM	157,55	11,23	142,6%	46,6%
AMPICILINA	32483,09	147,58	42,4%	39,0%
CLORURO DE SODIO	154547,13	340,43	24,4%	21,5%
CLINDAMICINA	2899,74	42,50	33,1%	20,5%

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de los métodos de pronóstico combinados y el análisis de sus errores, permitieron concluir que, frente a los métodos tradicionales de pronóstico, se evidencia una mejora en el indicador del desempeño del pronóstico de demanda (MAPE), la cual, pasa de un promedio de falla del 80% al 50%. Sin embargo, a pesar de la mejoría obtenida con la combinación de los pronósticos, se esperaría que la demanda real fuera aproximadamente el 50% diferente a la demanda real de ese periodo, lo que sigue generando un sesgo en el resultado debido a su corto horizonte de tiempo analizado.

3. Desarrollo de la política de inventario

Definir una política de aprovisionamiento que permita mantener un nivel adecuado de stock para los medicamentos clase A, que contribuya al adecuado nivel de servicio sin en exceso de inventario.

Para la implementación del modelo de inventario propuesto, se procede inicialmente a calcular todos los costos asociados con los cuales se desarrollará la política. (Ver **Anexo R**)

3.1. Cálculo de los costos

Costos del producto: dentro de la base de datos del inventario que nos proporcionó la entidad se incluye el costo por unidad de cada medicamento.

Costo del personal: Se investigó cuál era el salario promedio mensual en Colombia para los cargos de quienes administran la farmacia. Una vez estimados, se asumen y calculan las prestaciones sociales que, por ley las empresas deben cubrir como empleadores, las cuales se calcularon a partir del salario base como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Salario y prestaciones sociales, personal farmacia de la IPS

PRESTACIONES SOCIALES	CARGO		
	Químico Farmacéutico	Regente de Farmacia	Aux. Farmacia (3)
SALARIO BASE	\$ 1.598.826	\$ 1.317.269	\$ 1.052.588
SALUD	\$ 127.906	\$ 105.382	\$ 84.207
PENSION	\$ 191.859	\$ 158.072	\$ 126.311
ARL	\$ 38.372	\$ 31.614	\$ 25.262
CAJA COMPENSACIÓN	\$ 63.953	\$ 52.691	\$ 42.104
PRIMA	\$ 133.182	\$ 109.729	\$ 87.681
CESANTIAS	\$ 133.182	\$ 109.729	\$ 87.681
INT.CESANTIAS	\$ 15.988	\$ 13.173	\$ 10.526
SENA	\$ 31.977	\$ 26.345	\$ 21.052
ICBF	\$ 47.965	\$ 39.518	\$ 31.578
VACACIONES	\$ 66.671	\$ 54.930	\$ 43.893
AUX. TRANSPORTE	\$ 102.854	\$ 102.854	\$ 102.854
TOTAL MES	\$ 2.552.735	\$ 2.121.305	\$ 1.715.735

Fuente: Elaboración propia.

También se calculó el salario por minuto para estimar el costo de pedido, dividiendo el salario mensual por 4 semanas, y posteriormente por 24 y 21 días que corresponde a los días laborados por los 3 cargos, luego el salario diario se divide por 8 horas (para el regente y químico), y por 11 horas (para las auxiliares), finalmente este se divide por 60 minutos.

Tabla 22. Costo por minuto, personal farmacia de la IPS

CARGO	SALARIO MENSUAL	SALARIO DIA	SALARIO HORA	SALARIO MINUTO
Químico Farmacéutico	\$ 2.552.735	\$ 106.364	\$ 13.295	\$ 222
Regente de Farmacia	\$ 2.121.305	\$ 88.388	\$ 11.048	\$ 184
Auxiliar de Farmacia	\$ 1.715.735	\$ 81.702	\$ 7.427	\$ 124

Fuente: Elaboración propia.

Costos de pedido: se entrevistó al personal para documentar los tiempos aproximados que cada uno de los cargos se tomaba para realizar las tareas de pedido y recepción, con lo que se calculó el costo total de un pedido como se muestra en la Tabla 23, cabe mencionar que no se involucró al químico farmacéutico en estas actividades, pues según lo referido por el regente de farmacia, sus labores no están relacionadas con el proceso de dispensación.

Tabla 23. Costo de hacer un pedido, farmacia de la IPS

COSTO DE PEDIDO					
	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	COSTO MINUTO	TIEMPO (min)	COSTO
P E D I D O	Revisión inventario	Regente de farmacia	\$ 184	240	\$ 44.160
	Solicitud de cotización	Regente de farmacia	\$ 184	40	\$ 7.360
	Autorización por gerencia y presupuesto	Regente de farmacia	\$ 184	20	\$ 3.680
	Solicitud a proveedores	Regente de farmacia	\$ 184	10	\$ 1.840
	Revisión de cotización, cuadro comparativo	Regente de farmacia	\$ 184	30	\$ 5.520
R E C E P C I O N	Revisión técnica por muestreo	Reg. Farmacia - Auxiliar	\$ 308	120	\$ 36.952
	Ingreso del pedido al sistema (SIHOS)	Regente de farmacia	\$ 184	180	\$ 33.120
	Semaforización	Auxiliar de farmacia	\$ 124	240	\$ 29.760
	Organización del pedido (FIFO)	Auxiliar de farmacia	\$ 124	180	\$ 22.320
TOTAL					\$ 184.712
COSTO TOTAL DESPRECIANDO INSUMOS GENERALES					\$ 142.228
COSTO DE PEDIDO					\$ 11.852

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el presente proyecto se limita sólo a medicamentos, pero el proceso anteriormente descrito también incluye la compra de insumos médicos generales, no se puede usar el costo total obtenido como el costo de pedido. Por lo tanto, se decide reducir el costo total restándole el 23% que corresponde a un promedio del total de unidades de insumos generales pedidos en una orden. Posteriormente ese costo que desprecia insumos se divide por las 12 órdenes que se emiten anualmente, obteniendo así un costo de pedido de \$11.852.

Costo de mantener: Para medir el costo de mantener inventario, se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos:

- La farmacia es propia de la IPS.
- Los espacios de almacenamiento de la farmacia se comparten también con los insumos médicos generales.
- Por el tamaño de los medicamentos, se desprecian consideraciones de espacio.
- No se consideran costos de obsolescencia, seguros e impuestos.
- Los costos de servicios públicos no varían según el tamaño del inventario.
- El costo de capital para el sector público en Colombia es de 9% anual (0,72% mensual), (Galeano, Cárdenas, Rangel, & Chacón, 2018).

De acuerdo con (Schroeder & Olaeta,1992), cuando un costo de almacenamiento es fijo (ej. cuando se tiene un almacén que no se puede utilizar para otra cosa), ese costo fijo no debe incluirse en el costo de almacenamiento del inventario. Sin embargo, dado que no se contó con información de otros costos que hacen parte del almacenamiento como lo son los costos de obsolescencia, seguros e impuestos, se considera asumir para la farmacia un 10% del total de los servicios públicos del hospital, pues no se contó con la información individual respecto al consumo neto de la farmacia.

La tasa social de descuento que corresponde a una tasa efectiva anual es convertida en una tasa efectiva mensual, y los costos de almacenamiento y manejo corresponden a la suma de los servicios públicos y la mano de obra.

Tabla 24. Costo mensual de mantener el inventario de medicamentos

TIPO DE COSTO DE MANTENIMIENTO DEL INVENTARIO	VALOR	% MENSUAL	% DEL TOTAL
Tasa social de descuento	\$ 822.857	0,72%	11,28%
Almacenamiento y manejo	\$ 6.472.734	5,66%	88,72%
TOTAL	\$ 7.295.591	6%	100%
Stock Valorizado	\$ 114.285.745		
Tasa mensual de mantenimiento del inventario r		6%	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se obtiene la tasa de mantenimiento del inventario, dividiendo el total de los costos sobre el valor del inventario de los medicamentos, lo cual da como resultado una tasa del 6% mensual.

Costo de faltante: Varios autores plantean estimar éste costo haciendo uso del precio de compra y de venta, y de una constante alfa, la cual hace referencia a una pérdida de venta futura o costo intangible. Sin embargo, no tendríamos ni el costo de venta ni de compra, pues al ser una compra de emergencia de un tamaño menor al habitual, su costo variaría en cada caso, por tanto, para la estimación de este costo, nos basamos en el concepto de (Hillier, Lieberman, & Osuna, 1997), quienes definen un tipo de costo de faltante de la siguiente manera:

“En un caso, llamado con faltantes, la demanda excesiva no se pierde, sino que queda pendiente hasta que se pueda satisfacer con el siguiente reabastecimiento. Para una empresa que incurre en un faltante temporal para cumplir con sus clientes, el costo por faltantes se puede interpretar como la pérdida de la imagen ante los clientes debido al retraso, su duda para realizar negocios subsecuentes con la empresa, y el trabajo administrativo adicional”.

Paralelo al caso de estudio, cuando se presenta un faltante, se debe hacer un pedido de emergencia, lo que conlleva a un costo de pedido adicional, y a un mal servicio debido al retraso en la atención oportuna. De acuerdo con lo anterior, se plantea como costo intangible de pérdida de venta futura, el costo de pedido que hace referencia a un trabajo administrativo adicional,

multiplicado por una constante alfa, la cual se refiere a la pérdida de la imagen ante los pacientes, y su duda para volver a ésta IPS en una próxima ocasión, pues el paciente puede decidir acudir directamente a otra entidad, lo que de manera general representaría una pérdida de un ingreso futuro.

Para determinar el valor de la constante alfa, nos basamos en la investigación de (Loaiza & Soto, 2001), denominada “Costos hospitalarios: Costo del día- paciente”, donde se define al costo del día-paciente como un indicador médico y económico central para la administración del hospital porque contiene todos los objetos del costo y las actividades que se realizan en estas instituciones para atender integralmente a los pacientes, asignándole a cada componente un peso económico como se muestra en la ilustración 8, donde los medicamentos representan un 22% en el costo de la atención del día-paciente.

Ilustración 11. Costos hospitalarios: Costo del día-paciente



Fuente: Loaiza & Soto (2001). Costos hospitalarios: Costo del día-paciente

Por tanto, se propone un valor de 22 para la constante subjetiva de costo intangible de pérdida de venta futura o mala imagen, obteniendo así la siguiente expresión:

$$\alpha(cp) = 20(\$11.852) = \$260.744$$

La cual arroja un valor de \$260.744/ faltante.

3.2. Formas de revisión del nivel inventario.

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

Ilustración 12. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica

REVISIÓN CONTINUA	REVISIÓN PERIÓDICA
• Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea.	• Permite coordinar diversos ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas.
• La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	• Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido.
• La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento.	• La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que es menos frecuente.
• Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.	• Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
• Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica.	• Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua.

Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios

En la revisión continua, Vidal (2010) como su nombre lo indica, teóricamente se revisa el nivel de inventario en todo momento. Sin embargo, obviamente, esto no es posible en la práctica. Lo que se hace, entonces, es revisar el inventario cada vez que ocurre una transacción (despacho, recepción, demanda, etc.) y por ello también se le conoce como “sistema de reporte de transacciones.”

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

La Ilustración 12 compara los dos métodos en forma general, donde se decide aplicar las dos metodologías de control de inventarios y comparar cada uno para elegir la mejor metodología que nos permita obtener los mejores resultados.

3.2.1. Sistema (R, S)

El sistema de control de inventario periódico en Vidal (2010) se conoce también como el sistema del ciclo de reposición y se encuentra a menudo en organizaciones que no utilizan control sistematizado de los inventarios. En este sistema, cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo S .

La principal ventaja de este método es la de permitir el control coordinado de diversos ítems relacionados entre sí, bien sea por ser proporcionados por el mismo proveedor, por compartir un mismo sistema de transporte, por ser producidos en la misma línea de manufactura, o por cualquier otra razón que

permita obtener economías de escala en la adquisición o producción del pedido. Igualmente, el nivel máximo de inventario S puede ser ajustado fácilmente si el patrón de demanda tiende a cambiar con el tiempo.

Se establece el L en 1.5 meses de acuerdo con la información obtenida por el regente de la farmacia, asumiendo un nivel de servicio del 97,5%, donde se obtiene la Tabla 25 que veremos a continuación.

Tabla 25. Sistema de control periódico aplicado a la combinación lineal convexa – Piperacilina Tazobactam

Inventario MAX	Q(T)	MAD(T)	ECM(T)	$X^{\wedge}t$	Residuos	IS	Inv Max (Dinamico)	Señales de rastreo(st)	Datos atípicos
				67,4333333	21,5666667				
				67,8190476	-8,81904762				
				68,2047619	-30,2047619				
				68,5904762	-23,5904762				
				68,9761905	-59,9761905				
				69,3619048	-14,3619048				
				69,747619	14,252381				
				70,1333333	151,866667				
				70,5190476	15,4809524				
	0	16,4384779	416,96497	70,9047619	-16,9047619				
113,09	-1,31543232	14,4662147	342,223787			36,2579451	130,123688	0,09093134	0,45465671
116,22	4,40736475	17,0326823	422,821229			40,3019893	138,85416	0,25875929	1,60271603
113,65	2,29968334	14,8523543	345,774919			36,4455774	131,142141	0,15483628	0,41279936
111,59	5,22579011	15,2679269	333,946386			35,8167739	127,421448	0,34227241	1,10887465
108,70	-2,05517696	18,4501506	461,583681			42,1088435	129,377411	0,1113908	1,68990736

Fuente: Elaboración propia.

Donde se ejemplifica las señales de rastreo, el inventario máximo y el inventario máximo dinámico como complemento del proceso de la combinación convexa realizada, (Ver **Anexo I**).

Estos cálculos, nos permite concluir que el método de control de inventario genera un alto nivel de inventarios de seguridad, por lo cual, aumenta en gran proporción el costo del inventario y la capacidad de almacenaje de la farmacia se ve afectada, ya que, su espacio de almacenamiento es limitado, además, como se había mencionado anteriormente, se esperaría que el 81% (promedio del MAPE) de los datos obtenidos no concuerden con la demanda real.

3.2.2. Sistema Continuo

El modelo propuesto es un inventario probabilístico con demanda independiente, el cual se caracteriza por la suposición de que sólo se conoce la probabilidad de distribución de la demanda durante el tiempo de producción, pero no la demanda actual durante ese periodo, por lo que, cuando se establece el punto de pedido, existe la posibilidad de que el inventario se agote y tener que enfrentar un costo por faltante.

Para aplicar este sistema, se debe asegurar que los datos tengan una distribución normal, por lo cual, se realiza el análisis de la normalidad.

3.2.2.1 Análisis de normalidad

Los análisis de normalidad también llamados contrastes de normalidad, tienen como objetivo analizar la distribución de los datos históricos de la demanda y diferir respecto a una distribución normal, para llevar a cabo el análisis de la normalidad se pueden aplicar tres estrategias: Las basadas en la representación gráfica, métodos analíticos y en test de hipótesis.

El test de hipótesis también conocido como la prueba de Shapiro Wilk y Kolmogorov-Smirnov, fueron seleccionadas para aplicarlos a los datos históricos de la demanda de los medicamentos (Ver **Anexos K,L,M,N,O,P**), ya que, estas son pruebas no paramétrica que determinan si un conjunto de datos siguen o no una distribución normal, lo que nos permitirá determinar la política de inventario de los medicamento seleccionados.

En la Ilustración 13 se observa el resultado de la prueba de Shapiro-Wilk y en la ilustración 14 la aplicación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para el medicamento Cloruro de Sodio.

Ilustración 13. Prueba Shapiro-Wilk, Cloruro de Sodio

Prueba de Shapiro-Wilk	
alfa	0,05
SWc	0,968
SWt	0,881
p-value	0,788
Formulación de Hipótesis: H₀: Los datos se ajustan a una distribución normal. H₁: Los datos no se ajustan a una distribución normal. Regla general: *Si p-value es < 0,05 Rechazar la H₀ *Si p-value es >= 0,05 No rechazar la H₀ Conclusión: Dado que SWc > SWt, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. Como p-value > 0,05 se concluye que, a un nivel de significancia del 5%, los datos se ajustan a una distribución normal.	

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 14. Prueba Kolmogorov-Smirnov, Cloruro de Sodio

Prueba de Kolmogorov-Smirnov	
alfa	0,05
KSc	0,144
KS t	0,219
p-value	> 0,05
Formulación de Hipótesis: H₀: Los datos se ajustan a una distribución normal. H₁: Los datos no se ajustan a una distribución normal. Regla general: *Si p-value es < 0,05 Rechazar la H₀ (Hipótesis nula). *Si p-value es >= 0,05 No rechazar la H₀ (Hipótesis nula). Conclusión: Dado que KSc<KSt, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. Como p-value> 0,05 se concluye que, a un nivel de significancia del 5%, los datos se ajustan a una distribución normal.	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26 se resume el resultado de las pruebas de normalidad aplicadas a los 6 medicamentos, donde se puede observar que, en la prueba Shapiro- Wilk, sólo 4 medicamentos mostraron ajustarse a distribución normal (a excepción de la Piperacilina y el Meropenem), mientras que en la prueba Kolmogorov-Smirnov se ajustaron 5 de ellos a distribución normal, a excepción de la Piperacilina.

Tabla 26. Resultados, pruebas de normalidad

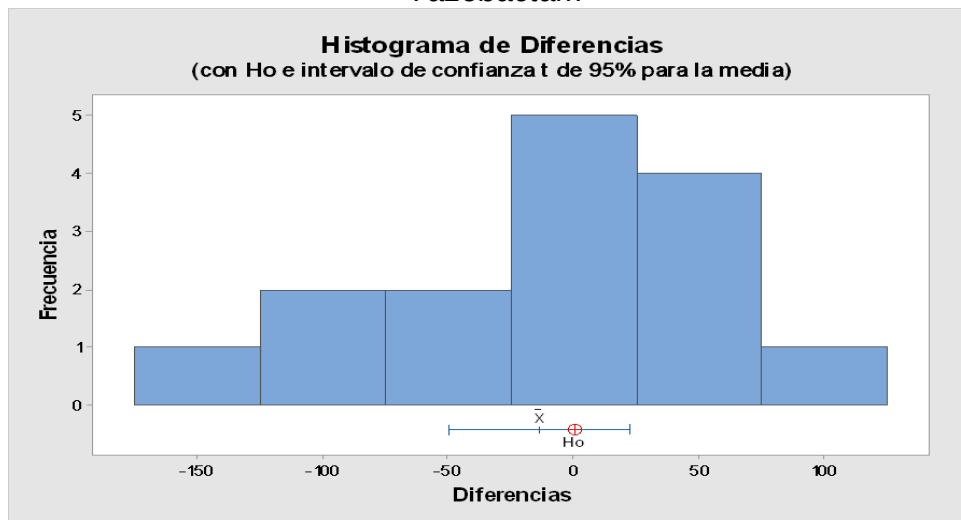
ANÁLISIS DE NORMALIDAD		
MEDICAMENTO	Shapiro W.	Kolmogorov S.
Piperacilina Tazobactam	No se ajusta	No se ajusta
Clindamicina	D. Normal	D. Normal
Meropenem	No se ajusta	D. Normal
Cloruro de Sodio	D. Normal	D. Normal
Metamizol Magnésico	D. Normal	D. Normal
Ampicilina Sulbactam	D. Normal	D. Normal

Fuente: Elaboración propia.

Dado que la Piperacilina no mostró ajustarse a una distribución normal en ninguna de las pruebas de bondad, se decide aplicar una transformación haciendo uso del Software Minitab, lo cual generó nuevos valores de demanda cuyo ajuste se comprobó a través de una T pareada, la cual analiza si la descripción estadística de los datos es diferente antes y después de su transformación, concluyendo que los datos originales son estadísticamente

iguales a los datos generados porque el cero queda dentro del intervalo de confianza para las diferencias entre las dos columnas de datos como se muestra en la ilustración 15, (Ver **Anexo J**).

Ilustración 15. Histograma de los datos transformados – Piperacilina Tazobactam



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, los datos generados se someten a las pruebas de bondad anteriormente descritas para demostrar que si se ajustan a una distribución normal como se muestra en la ilustración 16.

Ilustración 16. Pruebas de bondad, Piperacilina Tazobactam

Prueba de Shapiro-Wilk		Prueba de Kolmogorov-Smirnov	
alfa	0,05	alfa	0,05
SWc	0,887	KSc	0,178
SWt	0,881	KSt	0,219
p-value	0,085	p-value	> 0,05
Formulación de Hipótesis: Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal. H1: Los datos no se ajustan a una distribución normal. Regla general: Si p-value es < 0,05 Rechazar la Ho (Hipótesis nula). Si p-value es >= 0,05 No rechazar la Ho (Hipótesis nula).			
Conclusión: Dado que SWc>SWt, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. Como p-value> 0,05 se concluye que, a un nivel de significancia del 5%, los datos se ajustan a una distribución normal.		Conclusión: Dado que KSc>KSt, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. Como p-value> 0,05 se concluye que, a un nivel de significancia del 5%, los datos se ajustan a una distribución normal.	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez confirmado que todos los datos se acomodan a una distribución normal, se desarrolla el sistema continuo de control de inventarios.

En este tipo de inventario se debe determinar el punto R, cuando el inventario cae al nivel de punto de pedido, se ordenará un pedido de tamaño constante Q. Al ser una revisión continua, su implementación implica la inversión de una considerable cantidad de tiempo en el mantenimiento de este y la necesidad de un sistema computarizado, lo que se traduce a una inversión económica; es por ello por lo que su aplicación se recomienda únicamente a aquellos artículos de mayor precio e importancia. (Bonini, Hausman, & Morales, 1988).

Se aplicarán sus dos variantes: el modelo de costo con faltante, y el modelo del nivel de servicio.

3.2.2.2 Modelo de costo con faltante

Su propósito es minimizar el costo total en que se incurre durante un periodo dado, y considera tres costos: de pedido, de mantenimiento y de faltante. El tamaño y el punto óptimo del pedido serán en general, una función de estos tres costos más la tasa promedio de la demanda durante el periodo de producción y la variabilidad de la demanda durante ese periodo.

Supuestos

- a) Tiempo de producción para el reabastecimiento se conoce y es constante.
- b) El costo de faltantes es por unidad e independiente de la duración de las existencias.
- c) La demanda durante el tiempo de producción ($\bar{d}$) se distribuye normalmente.
- d) El punto de pedido óptimo R es mayor que la demanda promedio $\bar{d}$ del tiempo de producción.
- e) El inventario de seguridad, en promedio, siempre está en el inventario.
- f) Se quiere determinar cuánto debe ser el pedido (Q) y cuándo hacerlo (R).

Variables del modelo matemático

R = punto de pedido.

Q = cantidad de pedido.

D = demanda promedio por año. C_p = costo de hacer un pedido.

C_m = costo de mantener por un año una unidad en el inventario. C_f = costo por faltante.

$\bar{d}$ = número promedio de unidades que se requieren durante el tiempo de entrega.

$\sigma\bar{d}$ = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

Determinación de la cantidad de pedido óptima

La determinación de la cantidad de pedido óptima (Q), se realiza aplicando la ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_m}} \quad (7)$$

De acuerdo a (Bonini et al. 1988) la aplicación de esta ecuación se hace bajo la suposición de que el valor del Q es una aproximación razonable al valor de la cantidad de pedido óptima, la cual se sustenta en dos razones: en primer lugar se ha demostrado que la suma de los costos anuales de procesamiento de pedidos, más los costos anuales de mantener el inventario no es muy sensible a errores moderados en Q y en segundo lugar, aunque Q y R en teoría deben determinarse simultáneamente, en situaciones más prácticas no se presentan problemas serios de costo si Q está determinada de forma independiente a través de la ecuación anterior, independientemente si la demanda es determinística o probabilística.

Determinación del punto óptimo de pedido

Para el cálculo de R, primero se define F(R) como la probabilidad de que la demanda (M) durante el tiempo de producción sea menor o igual al valor corriente de R: $F(R) = \text{Prob}(M \leq R)$, lo que nos permite calcular la probabilidad de la demanda durante el tiempo de producción a través de la ecuación:

$$F(R) = 1 - \frac{C_m \times Q}{C_f \times D} \quad (8)$$

Una vez determinado el valor de F(R), se busca en la tabla de distribución normal el valor del z correspondiente, el cual será el número de desviaciones estándar que deben seguirse desde la media de la demanda, antes de que la probabilidad sea F(R), es decir, de que la demanda del tiempo de producción M sea igual o menor que R.

Seguidamente, se calcula la demanda esperada ($\bar{d}$) multiplicando su Lead Time en meses por la demanda mensual ($LT \times D$) y su desviación estándar ($\sqrt{LT \times \sigma}$)

Obtenido el z, la demanda esperada y su desviación estándar, se determina R con la siguiente ecuación:

$$R = \bar{d} + z\sigma\bar{d} \quad (9)$$

Por definición, el punto de pedido es igual a la demanda promedio del tiempo de producción más el inventario de seguridad. Por tanto el inventario de seguridad es $z\sigma\bar{d}$ (o $R - \bar{d}$)

Costo total esperado

Para el cálculo del costo total esperado, primero se calcula $N(z)$, la cual se refiere a la función de pérdida unitaria para la distribución normal estándar.

$$N(z) = \frac{R - \bar{d}}{\sigma \bar{d}} \quad (10)$$

Calculado el z , se busca en la tabla de pérdida unitaria, la probabilidad correspondiente al z , lo que permite determinar el valor del costo total esperado con la siguiente Ecuación 11:

$$CTE = [C_p + (C_f \times \sigma \bar{d} \times N(z))] \times (D/Q) + [(Q/2 \times C_u + (R - \bar{d})) \times C_m] \quad (11)$$

Se puede observar que en la ecuación anterior se añade el costo de faltante y el inventario de seguridad, lo cual explica la incertidumbre que tiene el sistema.

A continuación, ejemplificamos lo anterior con la referencia 00509FM (Piperacilina Tazobactam)

Variables

$C_u = \$8.494$ /und D
 $= 89$ unds/mes σD
 $= 54$

$C_p = \$11.852$ /pedido

$C_m = 6\%$ mensual

$C_f = \$260.744$

$$Q = \sqrt{\frac{(11.852)(89 \times 12)}{(0.06)(8.494)}} = 223 \text{ unds}$$

$$F(R) = 1 - \frac{0.3}{260.744 \times \frac{1}{Q}} = 1.00 \Rightarrow z = 3.5$$

$$\bar{d} = 1.5 \times 89 = 134$$

$$\sigma \bar{d} = (\sqrt{1.5} \times 54) = 66$$

$$R = 134 + 3.5(66) = 365 \text{ unds}$$

$$N(z) = \frac{365 - 134}{66} = 3.50 \Rightarrow p = 0.0001$$

$$IS = z\sigma \Rightarrow IS = 3.50 \times 66 = 231$$

$$\text{CTE} = [(11.852 + (260.744 \times 66 \times 0,0001)) \times ((89 \times 12)/223)] + [(223/2) \times 8.494 + (365 - 134) \times 0,06] = \$121.864.$$

De lo anterior se puede concluir que a un costo total esperado de \$121.864, la farmacia debe hacer pedidos de 223 unidades y el punto óptimo para realizar un pedido es cuando le queden en su inventario 365 unidades.

De la misma manera se planteó la política para los demás medicamentos (Ver **Anexo Q**) como se muestra en la Tabla 27:

Tabla 27. Política de inventario para los medicamentos clase A

MODELO CON COSTO DE FALTANTE							
MEDICAMENTO	DEMANDA MENSUAL PROMEDIO $\bar{d}$	DEMANDA ESPERADA $\bar{d}$	EOQ (unds)	PUNTO DE REORDEN R	IS	INVENTARIO TOTAL	COSTO TOTAL ESPERADO (\$) CTE
PIPERACILINA+TAZOBAC	89	134	223	365	231	454	\$ 121.864
CLINDAMICINA 300MGC	258	387	1573	704	317	1890	\$ 51.341
MEROPENEM 1GR/MLSC	31	47	102	141	94	196	\$ 89.037
CLORURO DE SODIO 0.9%	1907	2861	1947	4785	1925	3872	\$ 447.257
METAMIZOLMAGNESICO	276	414	1016	1267	853	1869	\$ 98.016
AMPICILINA Y SULBACTA	600	900	1344	1912	1012	2356	\$ 167.435
							\$ 974.951

Fuente: Elaboración propia.

Según Ballou (2004), es común que la cantidad del punto de reorden exceda la cantidad de pedido como ocurre con algunos medicamentos, lo cual puede deberse a tiempos de espera largos o altas tasas de demanda.

Se concluyendo entonces para esta política, un costo total mensual de \$974.951 para los seis medicamentos esenciales.

3.2.2.3 Modelo del nivel de servicio

Su propósito es minimizar el costo total en que se incurre durante un periodo, dado con base en la satisfacción de una fracción específica de la demanda, definiendo el nivel de servicio como el porcentaje de demanda que se satisface con las existencias (sin pedidos atrasados), y no como la probabilidad de que no haya inexistencias durante el tiempo de entrega.

Supuestos

- El tiempo de producción para el reabastecimiento se conoce y es constante.
- El costo del faltante es por unidad, independiente de la duración de la existencia.
- Se incluye el porcentaje de nivel de servicio que se desea (P).
- La estimación del costo de un faltante, se fundamenta en el problema de determinar el nivel de servicio deseado.
- D, se distribuye normalmente.

- El punto R es mayor que la demanda $\bar{d}$ promedio del tiempo de producción.
- El inventario de seguridad, en promedio, siempre está en el inventario
- Se quiere determinar Q y cuándo hacerlo (R).

Variables del modelo matemático

P = nivel de servicio. (Fracción de demanda que se cubre con las existencias) (1-

P) = fracción de pedidos no cumplidos por ciclos.

R = punto de pedido.

Q = cantidad de pedido.

D = demanda promedio por año.

σD = desviación estándar de la demanda Cp =

costo de hacer un pedido.

Cm = costo de mantener por un año una unidad en el inventario. Cf =

costo por faltante.

$\bar{d}$ = número promedio de unidades que se requieren durante el tiempo de entrega.

$\sigma \bar{d}$ = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

Determinación de la cantidad de pedido óptima

Independientemente de si la demanda es determinística o probabilística, el modelo plantea el cálculo de Q aplicando la ecuación convencional de la cantidad económica de pedido:

$$Q = \sqrt{\frac{2C_p D}{C_m}} \quad (12)$$

Determinación del punto óptimo de pedido

Una vez hallado Q, se calcula la demanda esperada durante el tiempo de entrega ($\bar{d}$) multiplicando su Lead Time en meses por la demanda mensual (LT x D), y su desviación estándar ($\sqrt{LT} * \sigma$)

Seguidamente se determina el número de pedidos que se estima incumplir en un tiempo de producción, para lo cual se establece el nivel de servicio deseado, y se emplea la siguiente la siguiente Ecuación 13:

$$N(z) = \frac{Q \times (1-p)}{\sigma \bar{d}} \quad (13)$$

Una vez determinado el valor de N(z), se busca en la tabla de pérdida normal unitaria el valor del z correspondiente. Obtenido el z, la demanda esperada y su desviación estándar, determinamos R con la siguiente Ecuación 14:

$$R = \bar{d} + z \sigma \bar{d} \quad (14)$$

Costo total esperado

Calculados Q y R, se determina el valor del costo total esperado con la siguiente Ecuación 15:

$$\text{CTE} = [C_p \times (D/Q)] + [(Q/2) \times C_u + (R - \bar{d})] \times C_m \quad (15)$$

A continuación, ejemplificamos lo anterior con la referencia 00509FM (Piperacilina Tazobactam)

Variables

Cu= \$8.494 /und **D**

= 89 unds/mes **σD** =

54

Cp = \$11.852 /pedido

Cm = 6% mensual **P**=

99%

$$Q = \sqrt{\frac{(11.852)(89 \times 12)}{(0,06)(8.494)}} = 223 \text{ unds}$$

$$\bar{d} = 1.5 \times 89 = 134$$

$$\sigma \bar{d} = (\sqrt{1.5} \times 54) = 66$$

$$N(z) = \frac{203 \times (1 - 0,99)}{65} = 0,034 \Rightarrow z = 1,43$$

$$R = 134 + 1,43(66) = 228 \text{ unds}$$

$$IS = R - \bar{d} \Rightarrow IS = 228 - 134 = 95$$

$$\text{CTE} = [11.852 \times ((89 \times 12)/223)] + [(223/2) \times 8.494 + (228 - 134)] \times 0,06 = \$113.593.$$

De lo anterior se puede concluir que, para un nivel de servicio de 99% y un costo total esperado de \$113.593, la farmacia debe hacer pedidos de 223 unidades y el punto óptimo para realizar un pedido es cuando le queden en su inventario 228 unidades.

Tabla 28. Política de inventario para los medicamentos clase A

MODELO DEL NIVEL DE SERVICIO								
MEDICAMENTO	DEMANDA MENSUAL PROMEDIO $\bar{D}$	DEMANDA ESPERADA $\bar{d}$	EOQ (unds)	NIVEL DE SERVICIO 99%	PUNTO REORDEN R	IS	INVENTARIO TOTAL	COSTO TOTAL ESPERADO (\$) CTE
PIPERACILINA+TAZOBAC	89	134	223	0,99	228	95	317	\$ 113.593
CLINDAMICINA 300MG C	258	387	1573	0,99	449	62	1634	\$ 46.673
MEROPENEM 1GR/ML SC	31	47	102	0,99	84	37	139	\$ 86.471
CLORURO DE SODIO 0.9%	1907	2861	1947	0,99	3641	781	2728	\$ 278.657
METAMIZOL MAGNESICO	276	414	1016	0,99	738	324	1340	\$ 77.273
AMPICILINA Y SULBACTA	600	900	1344	0,99	1273	373	1717	\$ 127.019
								\$ 729.685

Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo con un costo total mensual de \$729.685 para los seis medicamentos esenciales.

Al plantear la política con niveles de servicio del 97 y 95%, se evidencia que, en ambos casos, para el medicamento Clindamicina, al estimar el cálculo del porcentaje de pedidos que se estima incumplir ($N(z)$), su valor excede el valor más alto de la tabla de pérdida normal unitaria (0,3989, donde la desviación estándar se hace negativa), generando una alta tasa de demanda insatisfecha. Esta situación genera un punto de reorden por debajo de la demanda esperada y por tanto un inventario de seguridad negativo, pues no se cumplen los supuestos de $R > \bar{d}$, y existencias de seguridad siempre en inventario. Por tanto, se descarta considerar una política con estos niveles de servicio.

Al calcular la cantidad de pedidos mensuales, 3 medicamentos dan como resultado 0, y los demás 1 pedido mensual. Sin embargo, se asume para todos los medicamentos un tiempo de reorden de 1 mes, además por políticas de la institución, la farmacia tiene un tiempo de reabastecimiento mensual, por tanto, el tiempo de revisión del inventario se deja en 30 días, y las cantidades aquí calculadas se tomarían como un aproximado de las cantidades a pedir.

Considerándose entonces, ésta política de inventario como una prueba piloto para evaluar la posibilidad y viabilidad de implementar de manera definitiva una política de abastecimiento para todos los medicamentos clase A, pues como se mencionó anteriormente, la aplicación de ésta política se recomienda únicamente a aquellos artículos de mayor precio e importancia, dada la necesidad de un sistema informático que facilite su proceso

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para evaluar los beneficios de la política propuesta se realizó una comparación de los costos con el nivel del inventario que actualmente se establece en la farmacia (cantidad en inventario + Q), y el nivel de inventario de la política propuesta (Q+IS).

Tabla 29. Comparación en costos, método actual respecto al modelo con costo de faltante.

MODELO CON COSTO DE FALTANTE						
CÓDIGO	MEDICAMENTO	COSTO UNITARIO (\$/und)	CANTIDAD ACTUAL (unds)	VALOR DEL INVENTARIO ACTUAL	CANTIDAD PROPUESTA (unds)	VALOR DEL INVENTARIO PROPUESTO
00509FM	PIPERACILINA+TAZOBAC	\$ 8.494	375	\$ 3.185.250	454	\$ 3.859.279
00257FM	CLINDAMICINA 300MG C	\$ 495	1244	\$ 615.320	1890	\$ 934.715
00452FM	MEROPENEM 1GR/ML	\$ 14.132	293	\$ 4.140.676	196	\$ 2.773.871
00269FM	CLORURO DE SODIO 0.9%	\$ 2.385	4227	\$ 10.081.395	3872	\$ 9.233.876
00303FM	METAMIZOL MAGNESICC	\$ 1.267	1187	\$ 1.503.929	1869	\$ 2.368.359
00024FM	AMPICILINA Y SULBACTA	\$ 1.575	2168	\$ 3.414.600	2356	\$ 3.709.946
				\$ 22.941.170		\$ 22.880.046
						AHORRO \$ 61.124

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Comparación en costos, método actual respecto a política propuesta

MODELO DEL NIVEL DE SERVICIO						
CÓDIGO	MEDICAMENTO	COSTO UNITARIO (\$/und)	CANTIDAD ACTUAL (unds)	VALOR DEL INVENTARIO ACTUAL	CANTIDAD PROPUESTA (unds)	VALOR DEL INVENTARIO PROPUESTO
00509FM	PIPERACILINA+TAZOBAC	\$ 8.494	375	\$ 3.185.250	317	\$ 2.696.433
00257FM	CLINDAMICINA 300MG C	\$ 495	1244	\$ 615.320	1634	\$ 808.298
00452FM	MEROPENEM 1GR/ML SC	\$ 14.132	293	\$ 4.140.676	139	\$ 1.966.621
00269FM	CLORURO DE SODIO 0.9%	\$ 2.385	4227	\$ 10.081.395	2728	\$ 6.505.881
00303FM	METAMIZOL MAGNESICC	\$ 1.267	1187	\$ 1.503.929	1340	\$ 1.698.266
00024FM	AMPICILINA Y SULBACTA	\$ 1.575	2168	\$ 3.414.600	1717	\$ 2.703.871
				\$ 22.941.170		\$ 16.379.370
						AHORRO \$ 6.561.800

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 29 el modelo con costo de faltante generaría una disminución en el valor mensual del inventario, de aproximadamente 0,27%, lo que se traduce a un ahorro mensual de \$61.124.

Por otro lado, el modelo del nivel de servicio generaría una disminución de aproximadamente 29%, lo que corresponde a un ahorro mensual de \$6.561.800, logrando con ello mejorar el nivel de servicio sin generar sobrecostos.

Las políticas anteriormente desarrolladas garantizan un nivel de servicio del 99 y 100%, lo cual tiene un impacto importante en el bienestar del paciente cuando una IPS logra responder sin retrasos a su necesidad, garantizando con ello el acceso a los medicamentos esenciales.

5. CONCLUSIONES

Como resultado del proceso investigativo desarrollado, se derivan las siguientes conclusiones:

Se caracterizó el funcionamiento de la farmacia, logrando identificar como mayor falencia, la ausencia de métodos confiables en los procesos de abastecimiento.

A través de la clasificación ABC y la metodología multicriterio, se identificaron 6 referencias como los medicamentos esenciales para la atención oportuna del paciente, pues se evaluó su importancia a través de los criterios costo, lead time y criticidad.

Se realizó el análisis de la demanda de los medicamentos a través de métodos de pronóstico como Promedio móvil simple, suavización exponencial simple y doble; suavizando su porcentaje de error por medio del aplicativo Solver de Excel y la técnica combinación lineal convexa.

A través del uso del Software Minitab, y la aplicación de pruebas de bondad como Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov se analizó la distribución de la demanda, logrando identificar que se ajustaban a una distribución normal.

Se plantearon y evaluaron dos variantes del modelo probabilísticos de revisión continua para los seis medicamentos clase A, los cuales representan una aproximación para la toma de decisiones en el proceso de abastecimiento.

El modelo de costo con faltante arrojó un ahorro de \$61.124 en el valor mensual del inventario, con existencias mayores en 4 medicamentos y menores en dos, respecto a las cantidades actuales.

El modelo del nivel de servicio arrojó un ahorro de \$6.561.800 en el valor mensual del inventario, con existencias mayores en 2 medicamentos y menores en 4, respecto a las cantidades actuales.

La política del nivel de servicio, pese a ser un modelo cuya aplicación requiere de inversión tanto de tiempo como de un sistema informático adecuado, logra mejorar los niveles de servicio sin incurrir en sobrecostos, de ahí que se recomienda únicamente para los ítems de mayor precio e importancia.

Se descartó el planteamiento de un modelo de revisión periódica dado el exceso de inventario que genera, adicional a ello el alto porcentaje de error en los pronósticos y su corto horizonte de tiempo no arroja una estimación confiable.

Se evidencia en la IPS la necesidad de implementar herramientas de logística hospitalaria que orienten sus procesos hacia la mejora.

La carencia de herramientas tecnológicas que apoyen los procesos logísticos en la IPS dificulta la evaluación y seguimiento del comportamiento del sistema.

La clasificación ABC es una metodología altamente utilizada para categorizar las referencias de un inventario y tomar decisiones respecto a su planificación, sin embargo, es recomendable evaluar los artículos con más de un criterio, lo que permite un mejor enfoque en las decisiones, y más cuando la empresa se trata de un hospital y el cliente es un paciente con compromiso de su salud.

La metodología AHP constituyó un elemento de gran utilidad para la evaluación de los medicamentos y posterior elección de su política de inventario, logrando la consolidación de los juicios individuales de los expertos, lo que disminuye el sesgo de la evaluación subjetiva.

Todos los hospitales deben mantener un inventario de medicamentos esenciales en función de su importancia para las necesidades de los pacientes, y es allí cuando la criticidad tiene más relevancia que el costo.

La gerencia de las IPS debe desarrollar e implementar estrategias que garanticen una atención con el mayor nivel de servicio posible, pues cuando se trata del bienestar de un paciente, hay consideraciones que deben ir por encima del criterio costo.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda optimizar la información en bases de datos claras y organizadas de tal manera que sea posible el seguimiento del comportamiento del sistema, lo que facilita la implementación de propuestas de mejoras basadas en información confiable y oportuna.

Se recomienda agrupar las referencias tanto de medicamentos como de insumos generales por categorías o familias de productos, de tal manera que sea más fácil abordar su estudio.

Se recomienda documentar los medicamentos faltantes, sobrantes y vencidos, de forma que se pueda evaluar el desempeño del sistema a través de indicadores de gestión, información que también permite demostrar cuantitativamente el impacto que causa la implementación de una política de inventario específica.

Se invita a continuar con otras investigaciones orientadas al servicio farmacéutico, en aspectos de políticas de gestión para todas las categorías de medicamentos donde se amplíe el periodo de recolección de datos, lo que permite la obtención de mejores proyecciones y por tanto menor sesgo o error, pues en el presente trabajo sólo fue posible acceder a un horizonte de tiempo de 15 meses para el análisis de la demanda.

Se invita a las empresas y entidades de la región, a mostrarse más colaborativos en el área de la investigación, fortaleciendo las relaciones con las universidades, permitiéndole al estudiante el ingreso y conocimiento de los sistemas, lo cual puede traer grandes aportes no sólo para sus instituciones sino también para el estudiante y la región.

7. ANEXOS

Anexo A- Inventario General

Anexo B - Clasificación Medicamentos

Anexo C- Encuesta

Anexo D-Pronósticos Ampicilina

Anexo E – Pronósticos Clindamicina

Anexo F -Pronósticos Cloruro de Sodio

Anexo G -Pronósticos Meropenem

Anexo H -Pronósticos Metamizol

Anexo I – Pronósticos Piperacilina

Anexo J - Ajuste para piperacilina

Anexo K -Demanda Ampicilina

Anexo L -Demanda Clindamicina

Anexo M -Demanda Cloruro de Sodio

Anexo N – Demanda Meropenem

Anexo O -Demanda Metamizol

Anexo P – Demanda Piperacilina

Anexo Q - Política de Inventario

Anexo R -Costos

Anexo S – Síntesis Datos Varios

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adarme-Jaimes, W. (2011). *Desarrollo metodológico para la optimización de la cadena de suministro esbelta con m proveedores y n demandantes bajo condiciones de incertidumbre: Caso aplicado a empresas navieras colombianas* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín).
- Aguirre, S., Figueroa, L., Romero, D. H., Ardila, W. A., & Landinez, D. C. Propuesta de una Política de Gestión de Inventarios Multi-eslabón (s, Q) en Hospitales.
- Amariles, P., Restrepo, L. G., & Rossi, F. (2012). El sector farmacéutico como pieza clave en la reorganización de los sistemas de salud. *Vitae*, 19(2), 153-155.
- Amaya, C., Beaulieu, M., Landry, S., Rebolledo, C., & Velasco, N. (2010). Potenciando la contribución de la logística hospitalaria: tres casos, tres trayectorias. *Management international/Gestión Internacional/International Management*, 14(4), 85-98.
- Arango-Serna, M. D., Serna-Urán, C. A., & Patiño-Rivera, B. E. (2017). Orden management for oncology drugs using stochastic programming. *Dyna*, 84(201), 59-67.
- Arias Morales, R. E. (2015). *Control de inventarios de medicamentos e insumos utilizando la metodología de multicriterio en la bodega de la unidad quirúrgica en una IPS de la ciudad de Cali* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson educación.
- Bernal, O. (2012). La salud en Colombia: logros, retos y recomendaciones. Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes.
- Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1994). Logistics performance. *International journal of physical distribution & logistics management*.
- Colombia, L. (1996). Ley 100 de 1993: por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones. *Bogotá: Ministerio de Salud*. Recuperado de:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/ley-100-de-1993.pdf>.
- Colombia, C. D. Ley 1438 de 2011. Recuperado de:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf.
- Colombia. Ministerio de la Protección Social. (2005). Decreto 2200 de 2005, junio 28, por el cual se reglamenta el servicio farmacéutico y se dictan otras disposiciones (modificado por el Decreto 2330 de 2006). Recuperado de:
<https://www.invima.gov.co/documents/20143/453029/Decreto-2200de-2005.pdf/272bc063-41bd-7094-fc8f-39e5e8512d95?t=1541014861533>.
- Cruz, M. A., Amaya, C. A., & Aguirre, S. (2009). Estudio Analítico Para el Control de Inventarios de la Farmacia de Urgencias de una Clínica de la Ciudad.

- Cubides Rodríguez, J. C., & Suárez Piragua, C. A. (2018). Diseño de una política de inventario para los medicamentos en el Hospital Regional de Sogamoso ESE.
- De la Norma, C. RESOLUCION 1478 DE 2006. (Mayo 10). Por la cual se expiden normas para el control, seguimiento y vigilancia de la importación, exportación, procesamiento. Recuperado de: <https://www.invima.gov.co/documents/20143/908412/resolucion+001478+de+2006.pdf/dbd9334e-d8dd-cc13-58d5-d84f0ba72619>.
- Ejecutivo, C. (2016). La escasez mundial de medicamentos y la seguridad y accesibilidad de los medicamentos pediátricos: informe de la Secretaría (No. EB138/41). Organización Mundial de la Salud.
- Flores, B. E., Olson, D. L., & Dorai, V. K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer modelling*, 16(12), 71-82.
- Galeano, G. P., CÁRDENAS, M. M., Rangel, E. C., & Chacón, J. R. (2018). *Actualización de la tasa de rendimiento del capital en Colombia bajo la metodología de Harberger* (No. 016512). Departamento Nacional de Planeación.
- Hernández, P. C., Velasco, N., & Amaya, C. A. (2007). Modelo para el manejo eficiente de Inventarios en la Cadena de Abastecimiento de Medicamentos del Hospital El Tunal. *Los cuadernos de PYLO–Logística Hospitalaria, Universidad de Los Andes*.
- Hogerzeil, H. V., & Mirza, Z. (2011). The world medicines situation 2011: access to essential medicines as part of the right to health. *Geneva: World Health Organization*, 680, 689.
- Jiménez, A. M., Guerrero, J. G., Amaya, C. A., & Velasco, N. (2008). Optimización de los recursos en los hospitales: revisión de la literatura.
- Loaiza, G. A., & Soto, E. C. J. (2001). Costos hospitalarios: Costo del día-paciente. In *Cruzando fronteras: tendencias de contabilidad directiva para el siglo XXI: actas VII Congreso Internacional de Costos y II Congreso de la Asociación Española de Contabilidad Directiva*. (p. 329). Servicio de Publicaciones.
- Marín Pataquiva, W. E., & Montes Vargas, S. M. C. (2013). Sistema de gestión de inventarios para la farmaceutica United Pharma de Colombia SA.
- Melo-Velandia, L. (1998). MÉTODOS DE COMBINACIÓN DE PRONÓSTICOS: UNA APLICACIÓN A LA INFLACIÓN COLOMBIANA. BANCO DE LA REPÚBLICA.
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 348-360.
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución Número 1403 de 2007. Bogotá: 2007. Recuperado de: <https://www.invima.gov.co/documents/20143/453029/Resoluci%C3%B3n+1403+de+2007.pdf/6b2e1ce1-bb34-e17f-03ef-34e35c126949>.

- Olivares-Collado, A. E., & Soria-Barreto, K. (2019). Propuesta de política optima de compras para medicamentos en droguería del departamento de salud de Vichuña. *Revista de análisis económico*, 34(2), 1-19.
- O'Meara, N. M., Esteban, F. C. L., & Salort, E. V. (2006, September). Planificación de la Demanda en la Gestión de Cadena de Suministro con Redes Neuronales y Lógica Difusa. In *X Congreso de Ingeniería de Organización*.
- Otálora, L. A., Camacho, M. Á., Forero, E. L. D., & Ahumada, A. E. (2016). Evaluación de políticas de gestión de inventarios de medicamentos para un sistema multinivel y multiproducto en el hospital universitario de la samaritana (hus). *Ingeniare*, (21), 93-107.
- Patiño Rivera, B. E. (2014). *Modelo basado en escenarios para la determinación de tamaño y frecuencia de envío de medicamentos oncológicos. Caso aplicado al sector farmacéutico en la ciudad de Medellín* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín).
- Ramírez Daza, M. I. (2013). Modelo de optimización del sistema de inventarios de medicamentos y materiales médico-quirúrgicos de la Clínica Universitaria Bolivariana.
- Rojas Tibaduiza, J. E. Propuesta para la implementación de una política de inventario, mediante el uso del modelo probabilístico de revisión continua para una compañía del sector de la construcción.
- Román Cáceres, G. D. P. (2010). Propuesta de un modelo de gestión de inventarios que permita mejorar la planeación y la distribución de las medicinas a las farmacias de un hospital.
- Saavedra Moreno, C. (2013). Logística hospitalaria aplicada al servicio de urgencias en una clínica especializada en salud en Ibagué (Doctoral dissertation, Universidad de Ibagué).
- Social, D. C. 155 (2012). *Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá DC*, 30. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Social/155.pdf>.
- SOCIAL, M. (2006). RESOLUCIÓN NÚMERO 1043 DE 2006. Recuperado de: [https://www.ins.gov.co/TyS/programas-de calidad /Documentos %20 Programa %20EEDDCARIO/resolucion%201043%202006.pdf](https://www.ins.gov.co/TyS/programas-de%20calidad/Documentos%20Programa%20EEDDCARIO/resolucion%201043%202006.pdf).
- Vidal, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. *Comité Editorial– Universidad del Valle*, 12.