



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**"DISEÑO DE UN MODELO DE INVENTARIO PARA LA
ALBUMINA"**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Luis Javier Murillo Flores

Carlos Alejandro Guerrero Muñiz

GUAYAQUIL - ECUADOR

DEDICATORIA

A Dios, quien me guía y llena de bendiciones; y, a mis padres, pilares fundamentales en mi vida.

A mis hermanas, mi esposa y mi hijo por ser la fuente de inspiración y energía para seguir adelante.

Carlos Guerrero Muñiz

Principalmente a Dios, quien me ha guiado y dado fortaleza a lo largo de mi carrera; a mi madre y tío, quienes me han brindado su cariño y apoyo incondicional.

A mi esposa e hijos quienes son fuente de inspiración y fuerza para la consecución de todos mis objetivos planteados.

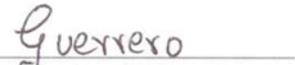
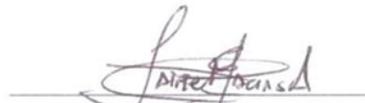
Luis Javier Murillo Flores

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Luis Javier Murillo
Flores


Guerrero
Carlos Alejandro
Guerrero Muñiz
Jaime Macías Aguayo
Msc.

RESUMEN

El presente proyecto pretende diseñar una política de inventario tendiente a reducir el porcentaje de faltantes del 6% que existe actualmente en la farmacia del Hospital León Becerra; y, un modelo de pronóstico, a fin de predecir las demandas semanales futuras en base a los factores que afectan la demanda. Para el diseño de ambos fue necesaria la aplicación de modelos matemáticos y herramientas estadísticas que permitieron efectuar el cálculo y análisis de los datos recolectados. En base a los resultados obtenidos se realizaron tablas de simulación manual, con las cuales se evidenció que la aplicación de los modelos de inventarios no contemplaba ciertas restricciones inmersas en la realidad, por lo que no cumplían con los objetivos planteados. Consecuentemente fue necesario realizar un ajuste mediante la inclusión de restricciones que reflejan la realidad del Hospital León Becerra, con lo que finalmente se logró obtener una política más eficaz que contempla los supuestos y restricciones del modelo y por consiguiente permite un manejo eficiente del inventario dentro de la farmacia.

PALABRAS CLAVES: Pronóstico, modelos de inventario, Albúmina.

ABSTRACT

This project aims to design a policy of inventory to reduce the percentage of missing of 6% that currently exists in the pharmacy of the Hospital León Becerra; and a forecast model, to predict future weekly demands based on the factors that affect the demand. The application of mathematical models and statistical tools allowing to perform the calculation and analysis of the data collected was necessary for the design of both. Based on the results obtained were manual simulation tables, which evidenced the implementation of inventory models not included certain restrictions embedded in the reality, so it did not meet its objectives. As a result, it was necessary to make an adjustment by the inclusion of restrictions that reflect the reality of the Hospital León Becerra, which finally managed to get a more effective policy which includes the assumptions and constraints of the model and therefore allows efficient management of inventory within the pharmacy.

Key words: Forecast, inventory models, albumin.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
DECLARACIÓN EXPRESA.....	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO 2.....	15
2. METODOLOGÍA	15
2.1. Medición de la situación actual.....	16
2.1.1. Diagrama de Flujo Funcional.....	16
2.1.2. Herramienta SIPOC.....	16
2.1.3. Herramienta de las 5W + H.....	17
2.1.4. Datos históricos para definición del problema.....	17
2.1.5. Evidencia de Faltantes.....	19
2.1.6. Determinación si es de rápido o lento movimiento.....	20
2.1.7. Determinación de la demanda.....	21
2.1.8. Clasificación del producto.....	21
2.1.9. Suposiciones Consideradas.....	22
2.1.10. Calculo de los costos.....	22
2.1.11. Determinación de la demanda para la política (s, Q).....	23
2.1.12. Determinación de la demanda para la política (R, S).....	31
2.2. Análisis de Causas	36

2.2.1. Diagrama Ishikawa (Causa-efecto).....	36
2.3. Diseño de mejoras	37
2.3.1. Modelo matemático para gestionar las compras.....	38
3. Control y actualización	45
CAPÍTULO 3	46
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
4.1. Modelo de revisión continua (s, Q).....	46
4.1.1. Resultados analíticos de la política revisión continua (s, Q).....	46
4.2. Modelo de revisión periódica (R, S).....	46
4.2.1. Resultados analíticos de la política revisión periódica (R, S).....	46
4.3. Comparación de la política (s, Q) y (R, S).....	47
4.3.1. Comparación analítica de la políticas (s, Q) y (R, S).....	47
4.4. Mejoramiento de la solución (con simulación).....	48
4.4.1. Resultados de la política (s, Q) con simulación.....	48
4.5. Comparación mediante indicadores.....	48
4.5.1. Comparación de la política (s, Q) mediante indicadores.....	48
4.6. Resultados del modelo de pronóstico.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
Bibliografía	52
Anexos	53
ANEXO 8: PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR LA POLITICA DE INVENTARIO	63
ANEXO 9: PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR EL MODELO DE PRONOSTICO.	65

ABREVIATURAS

IESS	Instituto Ecuatoriano De Seguridad Social.
5W+H	What, Why, When, Where, Who, How.
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer.
MAPE	Error Porcentual Absoluto Medio.
MAD	Desviación Absoluta Media.
MSD	Desviación Cuadrática Media.
MSE	Promedio Cuadrado del Error.
TS	Señal de Seguimiento.
PTE	Paciente.
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos.
PR1	Punto de Re-orden 1
PR2	Punto de Re-orden 2

SIMBOLOGÍA

ml	Militros.
X_L	Demanda Promedio Pronosticada Durante el Lead Time.
$c(z)$	Costo de Ordenar Z unidades.
K_1	Costo Fijo de Preparación.
C	Costo Unitario del Producto.
h	Costo Unitario de Mantener.
i	Tasa de Costo de Mantener Inventario.
s	Punto de Re-orden.
Q	Elección de la Cantidad de la Orden.
S	Nivel Máximo de Stock.
R	Unidad de Tiempo en que se Revisa el Inventario Efectivo.
Y	Variable Dependiente.
X	Variable Dependiente.
Kw	Kilowatts.
H_0	Hipótesis Nula.
H_1	Hipótesis Alterna.
P	Valor Estadístico de Prueba.
D	Demanda Durante un Periodo.
K	Factor de Seguridad.
SS	Stock de Seguridad.
H	Costo de Mantener.
CSL	Nivel de Servicio.
C_u	Costo de Sub-Stock.
bn	Resultado de Interacción de las Variables.
σ^{\wedge}_{R+L}	Desviación Estándar del Error del Pronostico del Periodo de Revisión más el Lead Time.
X^{\wedge}_{R+L}	Demanda Promedio del Pronostico dentro del Periodo de Revisión más el Lead Time.
N	Número de Observaciones.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Herramienta SIPOC	3
Ilustración 2 Ejemplo de la demanda estable	3
Ilustración 3 Ejemplo de la demanda con tendencia	4
Ilustración 4 Ejemplo de la demanda estacional	4
Ilustración 5 Método de serie de tiempo.....	12
Ilustración 6 Muestra la estructura de la Metodología a seguir.	15
Ilustración 7 Herramienta de las 5W + H.....	17
Ilustración 8 Pedidos mensuales del año 2014	17
Ilustración 9 Cantidad de faltantes mensuales año 2014	18
Ilustración 10 Pedidos mensuales en el año 2015	18
Ilustración 11 Cantidad de faltantes mensuales año 2015	19
Ilustración 12 Demanda diaria año 2015.....	21
Ilustración 13 Histograma de la demanda diaria año 2015	24
Ilustración 14 Modelo de media móvil	25
Ilustración 15 Medida de error Tracking Signal	25
Ilustración 16 Modelo de ajuste exponencial simple	26
Ilustración 17 Medida de error Tracking Signal	26
Ilustración 18 Modelo de Holt's	27
Ilustración 19 Medida de error Tracking Signal	27
Ilustración 20 Histograma de la demanda pronosticada año 2015.....	28
Ilustración 21 Prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado y Kolmogorov- Smirnov .	29
Ilustración 22 Histograma de la demanda agrupada cada 15 días	31
Ilustración 23 Histograma de la demanda semanal año 2015.....	33
Ilustración 24 Demanda observada vs. Valores ajustados	34
Ilustración 25 Histograma de los residuos semanales año 2015	35
Ilustración 26 Residuos de la demanda real semanal	35
Ilustración 27 Muestra la estructura para la presentación de las mejoras.....	37
Ilustración 28 Proceso de administración de la Albúmina	53
Ilustración 29 Proceso de compra y recepción de la Albúmina	54
Ilustración 30 Demanda mensual de los años 2012 al 2015	57
Ilustración 31 Diagrama Causa- Efecto.....	59
Ilustración 32 Entrega de la política de inventario a la jefa del área de farmacia	69
Ilustración 33 Almacenamiento de los frascos de Albúmina	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Registros de evidencia de faltantes.....	19
Tabla 2 Data de Faltantes, año 2014	20
Tabla 3 Data de Faltantes, año 2015	20
Tabla 4 Clasificación del producto	21
Tabla 5 Datos de las operaciones de farmacia	22
Tabla 6 Calculo del costo fijo de ordenar	22
Tabla 7 Calculo del costo de mantener inventario	22
Tabla 8 Calculo del costo por faltantes por unidad	22
Tabla 9 Cálculo del factor de seguridad	30
Tabla 10 Cálculo del stock de seguridad SS.....	30
Tabla 11 Cálculo de la cantidad Q	30
Tabla 12 Calculo del nivel de servicio	32
Tabla 13 Calculo del Stock de seguridad.....	32
Tabla 14 Resultados del modelo de regresión	34
Tabla 15 Resultados de la política (s, Q)	46
Tabla 16 Resultados de la política (R, S)	46
Tabla 17 Resultados de la política (s, Q) con simulación.....	48
Tabla 18 Comparación de la política (s, Q) mediante indicadores.....	48
Tabla 19 SIPOC del Fármaco Albúmina	55
Tabla 20 Producto de rápido o lento movimiento	56
Tabla 21 Demanda aproximadamente constante o cambiante en el tiempo.....	58
Tabla 22 Datos de la demanda agrupados cada 15 días.....	60
Tabla 23 Factores para el modelo de pronóstico	61
Tabla 24 Cálculo de error de la demanda semanal pronosticada	62
Tabla 25 Tabla de simulación política (s, Q)	67
Tabla 26 Tabla de simulación política (R, S)	68

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se muestra información sobre los diseños de modelos de inventario y modelo de pronóstico para el fármaco llamado Albumina. Para el diseño de los modelos antes mencionados fue necesaria la aplicación de modelos matemáticos y herramientas estadísticas para realizar el cálculo y análisis de los datos recolectados a lo largo del proyecto. Se procedió a validar la fuente y la veracidad de los datos obtenidos ya que el primer paso fundamental para al final tener resultados eficaces es tener una data que represente realmente lo que acontece con nuestra demanda.

Se realizaron análisis estadísticos con el fin de encontrar la forma en que se distribuían los datos de la demanda, nuestro producto es tipo A según su valor monetario, los costos asociados al manejo del producto desde su proveedor pasando por farmacia hasta el cliente final (los pacientes), con el fin de interpretar y elegir el mejor modelo que se ajuste con sus parámetros y restricciones a lo encontrado en nuestros datos.

Finalmente, en el modelo de inventario para el prototipo de la misma se generó una simulación manual, en la cual se evidencio una mejora mínima por lo cual se procede a generar un segundo prototipo mejorado en afinación con temas reales internos el cual no permite realizar ordenes de compras los fines de semana, logrando el objetivo planteado en la definición del problema el cual va a ser evaluado mediante indicadores en cuanto a manejo de recursos y costos.

Por su parte, este estudio está distribuido en tres capítulos:

CAPITULO 1. Definición Del Problema sobre la data histórica del fármaco, definición y evidencia sobre la problemática que actualmente presenta la farmacia del hospital, objetivos generales, objetivos específico, marco teórico donde se encuentran todos los conceptos utilizados para la realización del proyecto.

CAPITULO 2. Metodología del trabajo donde, se observa cálculos y herramientas utilizadas para el análisis de datos, esquema de la metodología a seguir, justificaciones y suposiciones sobre los modelos matemáticos escogidos. Terminando con las pruebas y ajustes de los modelos.

CAPITULO 3. Análisis de Resultados, finalmente se observa los resultados tanto numéricos como gráficos, los cuales han sido evaluados mediante indicadores, los cuales, nos van a servir de soporte para realizar las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Existe un desabastecimiento de 6,3 frascos de Albúmina de 50 *ml* al 31 de octubre del año 2015 en la farmacia del hospital, dicho valor equivale a un desabastecimiento del 6% en promedio mensual.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje de faltantes que mantiene la farmacia, mediante la implementación de políticas de inventario, con el fin de disminuir el porcentaje de faltantes en promedio mensual.

1.1.2. Objetivos específicos

- Recolectar data histórica de la demanda de pacientes IESS alojados en la unidad de cuidados intensivos.
- Analizar data histórica para determinar el porcentaje de faltantes en el año 2015.
- Realizar el análisis estadístico de los datos de la demanda del año 2015.
- Disminuir el 6% de faltantes en promedio mensual existentes al 31 de octubre del año 2015.

1.2. Marco teórico

Métodos para Mejora de Procesos

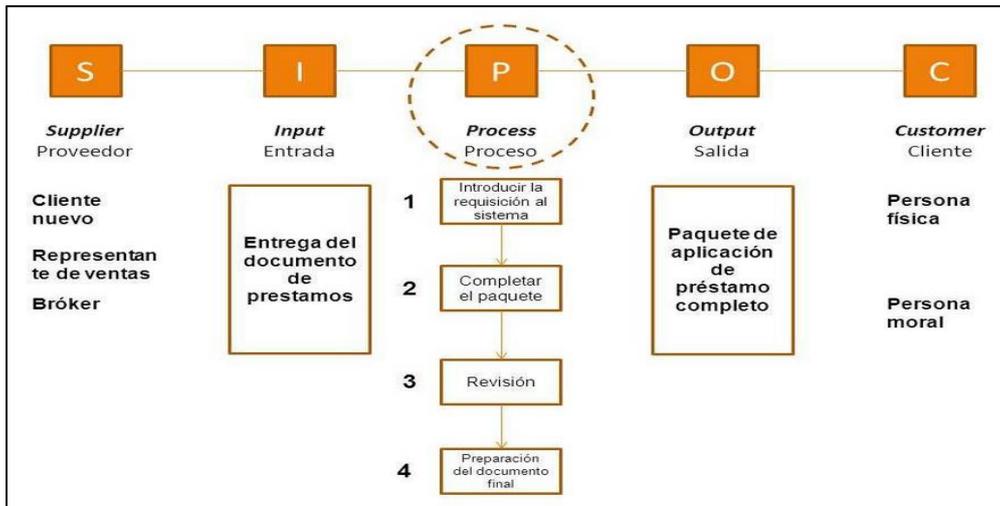
- La regla de las 5W+H

La 5W+H es una metodología de análisis empresarial que consiste en contestar seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW).

- Herramienta SIPOC

Es una herramienta de Seis Sigma el cual es usado para identificar y aclarar lo que se necesita para crear el producto o servicio. Además permite vincular los requerimientos del cliente con los resultados del proceso, y con los requisitos solicitados al proveedor, detectando así inconsistencias internas [5].

Ilustración 1 Herramienta SIPOC



Fuente: ¿Qué es el CIPOC?, Innovando.net, 2015

- Demanda determinístico

Hillier (2010, p.45) sostuvo que “es cuando la necesidad de un artículo es resultado directo de la necesidad de otro y depende de los niveles de producción”.

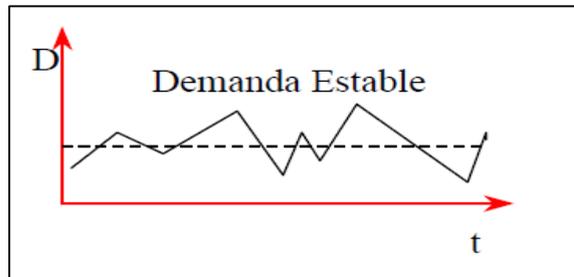
- Demanda Probabilística

Hillier (2010, p.47) sostuvo que “no existe relación entre la demanda de varios artículos ya que depende del mercado de consumidores finales. Los modelos de inventarios estocásticos están diseñados para analizar sistemas de inventarios donde existe una gran incertidumbre sobre las demandas futuras”.

- Demanda estable

Hillier (2010, p.48) sostuvo que “demanda estable es aquella en la que, aunque el valor de la demanda varía, lo hace alrededor de una cifra constante a lo largo del tiempo”.

Ilustración 2 Ejemplo de la demanda estable

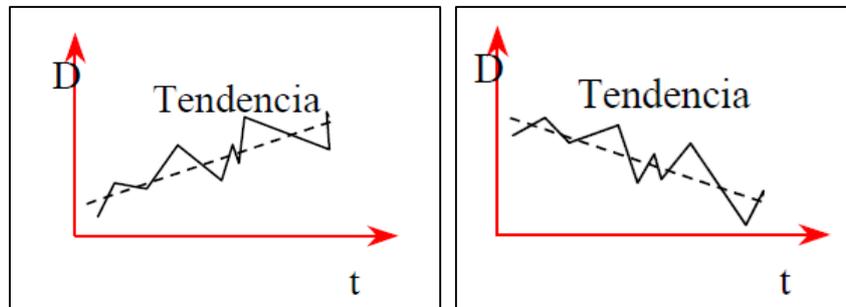


Fuente: ¿Qué es el CIPOC?, Innovando.net, 2015

- **Demanda con tendencia**

Hillier (2010, p.48) sostuvo que “es aquella en la que el valor medio de la demanda varía con el tiempo, mostrando una tendencia creciente o decreciente”.

Ilustración 3 Ejemplo de la demanda con tendencia

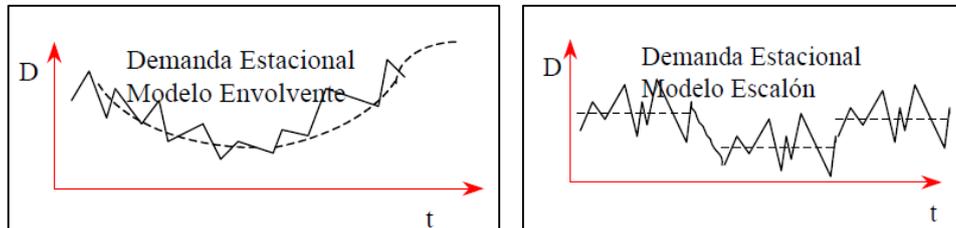


Fuente: ¿Qué es el CIPOC?, Innovando.net, 2015

- **Demanda estacional**

Hillier (2010, p.49) sostuvo que “un modelo con demanda estacional que muestra una variación en la demanda media en diferentes puntos del ciclo de planificación. Esta variación puede relacionarse con determinados factores del mercado”.

Ilustración 4 Ejemplo de la demanda estacional



Fuente: ¿Qué es el CIPOC?, Innovando.net, 2015

- **Clasificación A, B, C**

Según Collignon y Vermorel (2012), el principio de Pareto indica que el 80% del consumo total se basa sobre el 20% de los artículos totales; Por lo que la demanda no está distribuida uniformemente entre los artículos.

El método ABC establece que, al realizar el inventario, Se debe clasificar los artículos de la letra A ah la C, dicha clasificación se debe realizar bajo el siguiente esquema:

- **Artículos tipo A** Son artículos cuyo valor de consumo anual es el más elevado, por lo tanto el 70-80% del valor de consumo anual de una empresa solo representa entre el 10-20% de los artículos en inventario totales (Collignon y Vermorel 2012).

- **Artículos tipo C** son los artículos con el 5% más bajo del valor de consumo anual y representa el 50% de los artículos en inventario totales (Collignon y Vermorel 2012).
- **Artículos tipo B** son artículos con un valor de consumo medio, esto representa el 15-25% de valor de consumo anual y representa el 30% de los artículos de inventario totales (Collignon y Vermorel 2012).

El Valor de consumo anual se calcula de la siguiente manera (Collignon y Vermorel 2012):

$$\text{Valor Anual} = \text{Demanda Anual} * \text{Coste del Artículo por Unidad}$$

- **Ítems de rápido movimiento**

Se considera ítems de rápido movimiento cuando el producto es demandado con regularidad independientemente de la cantidad en que este sea solicitado; y se puede definirlo si cumple la siguiente condición.

Si $X_L \geq 10$ es considerado un ítem de rápido movimiento.

- **Ítems de lento movimiento**

Se considera ítems de lento movimiento cuando el producto es demandado con irregularidad, esto es, no es frecuente y varía entre periodos; independientemente de la cantidad en que este sea solicitado; y se puede definirlo si cumple la siguiente condición.

Si $X_L < 10$ es considerado un ítem de lento movimiento.

- **Tiempo de entrega**

También conocido como lead time, que es el lapso que transcurre desde que se coloca una orden de reabastecimiento (ya sea por compra o producción) hasta la recepción de los bienes.

- **Stock de seguridad**

Según Vidal (2005) es el previsto para demandas inesperadas de clientes o retrasos en las entregas de los proveedores. Funciona como un "colchón" complementario al stock de ciclo [7].

- **Nivel de servicio**

Es la fracción de los ciclos de reabastecimiento que terminan con toda la demanda de los clientes siendo satisfecha. Es decir, es igual a la probabilidad de no tener faltantes en un ciclo de reabastecimiento.

Alternativas para calcularlo:

- Probabilidad de que ocurra un faltante entre la colocación de la orden y la recepción del pedido.
- Numero promedio de faltantes por año.
- Porcentaje promedio de la demanda anual que se satisface de inmediato (sin faltantes).
- Retraso promedio para satisfacer las órdenes pendientes cuando ocurre un faltante.
- Retraso promedio global para satisfacer las órdenes (donde el retraso sin faltantes es 0)

- **Ciclo de reabastecimiento**

Ballou (2004, p.326) sostuvo que “es el intervalo entre dos reabastecimientos sucesivos”.

- **Costo de ordenar**

Ballou (2004, p.328) sostuvo que “es el costo de colocar un pedido más el costo del artículo que se compra. Se puede representar por una función $c(z)$. La forma más sencilla de esta función es aquella que es directamente proporcional a la cantidad ordenada o producida, es decir, $c*z$, donde c representa el precio unitario pagado. Otro supuesto común es que $c(z)$ se compone de dos partes: un término que es directamente proporcional a la cantidad ordenada o producida y un término que es una constante K para z positiva y 0 para $z=0$. En este caso, La constante K incluye el costo administrativo de ordenar o, cuando se fabrica, el costo del trabajo de preparación para poner en marcha la producción”.

$$C(z) = K + c * z$$

- **Costo de mantener inventario**

Ballou (2004, p.330) sostuvo que “en ocasiones llamado también *costo de almacenar*. Éste, representa los costos asociados con el almacenamiento del inventario hasta que se vende o se usa (final del mes). Asimismo, incluye el costo del capital invertido, espacio, seguros, protección e impuestos atribuibles al almacenamiento. Desde otra perspectiva, se puede evaluar de manera continua o por periodo. En este caso puede ser una función de la cantidad máxima que se guarda durante un periodo, de la cantidad promedio en el almacén o de la cantidad en inventario al final del periodo”.

$$h = i * C$$

- **Costos por falta de existencias**

Ballou (2004, p.333) sostuvo que “Se incurre en costos por falta de existencias cuando se coloca un pedido pero este no puede surtir desde el inventario al cual está normalmente asignado”.

Hay dos tipos de costos por falta de existencias:

Costo por pérdida de ventas ocurre cuando el cliente, ante una situación de falta de existencias decide cancelar su requisición del producto. El costo es el beneficio que se habría obtenido de esta venta en particular y puede incluir, además, un costo adicional por el efecto negativo que el estar sin existencias pueda tener en ventas futuras. Aquellos productos que el cliente está dispuesto a sustituir por marcas de la competencia, como pan, gasolina o bebidas no alcohólicas, son los que probablemente incurran en ventas perdidas.

Costo de pedido pendiente Ocurre cuando un cliente espera a que su pedido sea surtido, por lo que la venta no está perdida, sólo retrasada. Los pedidos pendientes pueden crear costos adicionales de personal y de ventas por el procesamiento de los pedidos, y costos adicionales de transportación y manejo cuando tales pedidos no se surten a través del canal normal de distribución.

Estos costos son tangibles, por lo que calcularlos no es demasiado difícil. También puede producirse el costo intangible de pérdida de ventas futuras. Este costo es muy difícil de calcular. Los productos que pueden ser diferenciados en la mente del cliente (por ejemplo, automóviles y aparatos mayores del hogar) es más probable que pasen a ser pedidos pendientes en vez de ser sustituidos por el cliente.

- **Sistema de revisión continúa**

Se hace un pedido en el momento en que el inventario baja del punto de re-orden especificado.

Características:

- Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea.
- La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.
- La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento.

- Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.
- Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica.

- **Sistema de revisión periódica**

Se verifica el nivel del inventario en intervalos discretos, por ejemplo, al final de cada semana, y solo en estos momentos se toman las decisiones para ordenar, aun cuando el nivel del inventario hubiera bajado del punto de re-orden entre los tiempos de revisión (en la práctica, se puede usar un modelo de revisión periódica para aproximar una política de revisión continua si se toman intervalos suficientemente pequeños).

Características:

- Permite coordinar diversos ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas.
- Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido.
- 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 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 mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua.

- **Políticas de revisión continua y periódica**

Política de punto de re-orden, cantidad de pedido (s, Q)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de re-orden o por debajo de él, se ordena una cantidad fija Q . Este sistema se denomina también el "sistema de los dos cajones" ("two-bin systems"), ya que se puede implementar físicamente teniendo dos cajones para el almacenamiento de un ítem.

La demanda se satisface normalmente del primer cajón, hasta que se agota. Tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tantas unidades como el punto de re-orden lo indique, se emite una orden por la cantidad fija Q establecida. Cuando llega la orden, el

segundo cajón se llena de nuevo con las unidades equivalentes al punto de re-orden, y el resto se deposita en el primer cajón, iniciándose otro ciclo.

Nótese que este sistema funciona adecuadamente siempre y cuando no exista más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instante de tiempo. Obviamente, el sistema puede utilizarse ajustando la cantidad a pedir, Q , hasta que ésta sea considerablemente mayor que la demanda promedio durante el tiempo de reposición.

Las ventajas y desventajas de este sistema son las siguientes:

- Es muy fácil de comprender, especialmente en la forma de “dos cajones” descrita anteriormente.
- La cantidad fija a ordenar minimiza posibles errores en el pedido. Su principal desventaja ocurre cuando algunas transacciones individuales son de considerable magnitud. En este caso, es posible que la cantidad a ordenar Q no incremente el inventario efectivo por encima del punto de re-orden s y, así, un segundo pedido o más sea necesario. En estos casos, sin embargo, se pueden ordenar cantidades enteras de Q hasta que el nivel de inventario efectivo sea superior al punto de re-orden s .

Política de punto de re-orden, Nivel máximo (s, S)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de re-orden s o por debajo de él, se ordena una cantidad tal que se incremente el inventario efectivo hasta el nivel máximo S . La cantidad a ordenar depende del inventario efectivo y del nivel máximo, y, por lo tanto, puede variar entre un período y otro.

Si las transacciones de demanda son siempre unitarias, entonces este método de control es exactamente igual al anterior, ya que apenas el nivel de inventario efectivo caiga a s , entonces se ordena una cantidad constante $Q = S - s$. Sin embargo, en la práctica la demanda no ocurre necesariamente a niveles unitarios, y, por lo tanto, las cantidades a ordenar pueden ser variables.

Este sistema se denomina usualmente un sistema “min-máx.”, ya que normalmente el nivel de inventario efectivo permanece entre un valor máximo S y un valor mínimo s , excepto por una caída de inventario temporal bajo el punto de re-orden s cuando la demanda no ocurre en forma unitaria. Se puede demostrar que el mejor sistema de control (s, S) tiene costos totales de pedido, mantenimiento de inventario y falta de inventario menores o iguales que aquéllos del mejor sistema (s, Q).

Sin embargo, el esfuerzo computacional para encontrar el mejor sistema (s, S) no justifica su aplicación para ítems clase B, e incluso para no todos los ítems clase A. Este método se encuentra a menudo en la práctica, pero los parámetros de control se fijan usualmente de forma arbitraria. Una desventaja potencial del sistema (s, S) es su susceptibilidad de errores debido a que los tamaños de orden son variables.

Política de revisión periódica, nivel máximo (R, S) .

En este sistema de control periódico 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.

Su principal desventaja es que para un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema presenta costos de mantenimiento del inventario mayores que aquéllos de los sistemas continuos, ya que el nivel de inventario de seguridad requerido es mayor.

Esto se da porque entre un período de revisión y otro, no se tiene información acerca del inventario efectivo, pudiendo caer éste a niveles indeseables si no se tiene el inventario de seguridad adecuado y, por lo tanto, el inventario de seguridad debe cubrir fluctuaciones de demanda para un tiempo igual al período de revisión R más el Lead Time L .

Revisión periódica, punto de re-orden, Nivel máximo (R, s, S)

Este sistema es una combinación de los sistemas (s, S) y (R, S) . Consiste en que cada R unidades de tiempo, se revisa el inventario efectivo. Si éste es menor o igual que el punto de re-orden s , entonces se emite un pedido por una cantidad tal que el inventario efectivo se recupere hasta un nivel máximo S .

Si el nivel de inventario efectivo es mayor que s , no se ordena cantidad alguna hasta la próxima revisión que tendrá lugar en R unidades de tiempo. Nótese que el sistema (s, S) es un caso particular de este sistema, cuando $R = 0$. Análogamente, el sistema (R, S) es un caso especial de este sistema cuando $s = S - 1$.

Se ha demostrado en varios estudios que el mejor sistema (R, s, S) , bajo algunos supuestos generales con respecto del patrón de demanda y de los costos involucrados, produce un

costo total relevante (ordenamiento + mantenimiento + faltante de inventario) menor que el mejor de cualquiera de los otros sistemas descritos. Como en el método anterior, el cálculo de los mejores parámetros de control puede ser prohibitivo para los ítems clase B. Adicionalmente, el método es más difícil de comprender, lo que lo hace más susceptible de errores humanos.

Métodos de Pronóstico

- Métodos cualitativos o subjetivos

Es utilizado cuando los métodos cuantitativos basados en información histórica no pueden explicar por si solos el comportamiento futuro esperado de alguna de sus variables, o cuando no existen suficientes datos históricos

- Métodos causales de Pronóstico

Los modelos causales buscan una causa o relación, que podemos utilizar para pronosticarla demanda de un artículo. Podemos ilustrarlos principios de la predicción causal a través de regresión lineal.

- Modelo de regresión lineal

Utilizamos regresión múltiple cuando estudiamos la posible relación entre varias variables independientes (predictores o explicativas) y otra variable dependiente (criterio, explicada, respuesta).

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$

Requisitos y limitaciones

Linealidad: Supone que la variable de respuesta depende linealmente de las variables explicativas. Si la respuesta no aparenta ser lineal, debemos introducir en el modelo componentes no lineales.

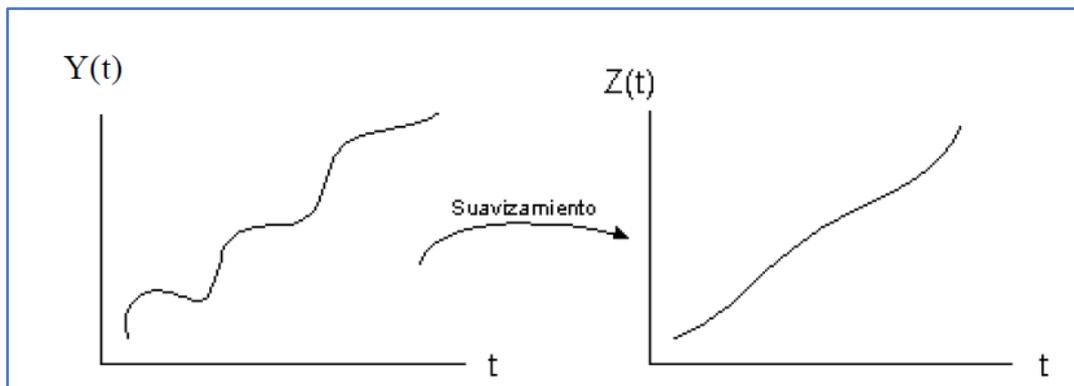
Normalidad e independencia de los residuos: Se requiere que los residuos se distribuyan de modo normal y con la misma dispersión para cada combinación de valores de las variables independientes.

Colinealidad: Si dos variables están estrechamente relacionadas y ambas son incluidas en un modelo, muy posiblemente ninguna de las dos sea considerada significativa.

- Métodos de serie de tiempo

Son métodos que nos sirve para “suavizar” a las fluctuaciones aleatorias causadas por el componente irregular de la serie. Estos métodos resultan apropiados para series estables, es decir, aquellas que no exhiban ningún comportamiento de tendencia, ni variaciones cíclicas ni estacionales, además es conveniente suavizar cuando existen cambios bruscos o movimientos irregulares en la serie buen nivel de predicción en períodos de tiempos cortos [8].

Ilustración 5 Método de serie de tiempo



Fuente: Métodos de Suavización, Webster, 1998

En una serie histórica de datos existen cuatro patrones básicos que pueden o no presentarse en dicha serie:

- La tendencia
- La estacionalidad
- El componente Cíclico
- La componente no sistemática

- Método de media móvil

El método de promedio móvil se utiliza cuando la demanda no tiene tendencia observable o estacionalidad [8].

- Método de suavización simple

El método de suavización exponencial simple es apropiado cuando la demanda no tiene tendencia observable o estacionalidad. Esta técnica se basa en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de estos de manera exponencial; es decir, los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones más recientes y uno menor a las más antiguas [8].

- **Método de suavización exponencial doble con tendencia-correcta (Holt's).**

Este método permite el estudio de la tendencia de la serie a través de pronósticos a mediano y largo plazo. El pronóstico de suavización exponencial simple es óptimo para patrones de demanda que presentan una tendencia, al menos localmente, y un patrón estacional constante, en el que se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente [8].

- **Medidas del error de Pronóstico**

Error del pronóstico. Es la desviación o diferencia que existe en un tiempo determinado entre el valor real y el valor pronosticado.

$$E_t = (Y_t - Y_t^{\wedge})$$

Y_t : valor real

Y_t^{\wedge} : Valor pronosticado

Porcentaje del error absoluto

Diferencia que existe en un tiempo determinado entre el *valor real* y el *valor pronosticado*.

Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Expresa la exactitud como un porcentaje del error. Como este número es un porcentaje, puede ser más fácil de entender que los otros estadísticos.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - Y_t^{\wedge}|}{n \cdot Y_t}$$

Desviación absoluta media (MAD)

Expresa exactitud en las mismas unidades que los datos, lo cual ayuda a conceptualizar la cantidad de error. Los valores atípicos tienen menos efecto en MAD que en MSD.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - Y_t^{\wedge}|}{n}$$

Dónde:

Y_t es igual al valor real, Y_t^{\wedge} es igual al valor ajustado y n es igual al número de observaciones.

Desviación cuadrática media (MSD)

Una medida utilizada comúnmente de la exactitud de los valores ajustados de las series de tiempo. Los valores atípicos tienen mayor efecto en MSD que en MAD.

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - Y_t^\wedge|^2}{n}$$

Donde;

Y_t es igual al valor real, Y_t^\wedge es igual al valor del pronóstico y n es igual al número de pronósticos.

Promedio cuadrado del error (MSE)

Es el promedio de los cuadrados del error de cada artículo o periodo y se utiliza para comparar la precisión entre diferentes métodos o criterios de pronóstico y seleccionar aquel con menor MSE.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - Y_t^\wedge)^2}{n}$$

Señal de rastreo

La señal de rastreo (conocida también como *Tracking Signal* o *TS*) es una medida de desempeño que permite medir la desviación del pronóstico respecto a variaciones en la demanda. Análogamente se puede interpretar como el número de MAD (Desviación Media Absoluta o *Mean Absolute Deviation*) que el pronóstico está sobre o bajo la demanda real.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - Y_t^\wedge)}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - Y_t^\wedge|}$$

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

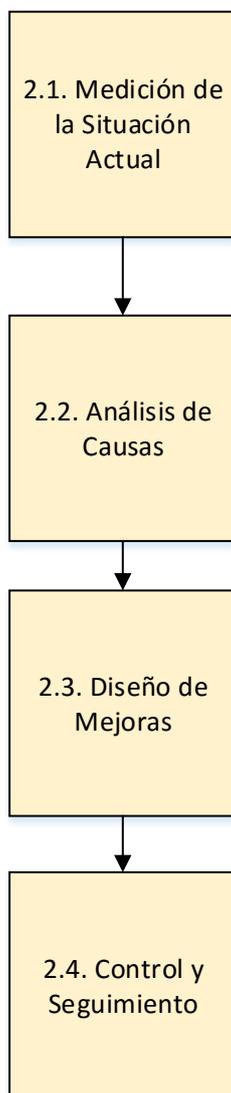


Ilustración 6 Muestra la estructura de la Metodología a seguir.

2.1. Medición de la situación actual

Para realizar el diagnóstico de la situación actual en el área de farmacia fue necesario realizar una observación de proceso, charlas, entrevistas con el personal involucrado en el proceso que sigue el fármaco y finalmente recolectar la data histórica para su posterior análisis.

Asimismo, se hizo uso de herramientas orientadas a la mejora de los procesos como son las herramientas del SIPOC y 5W+H, con el objetivo de obtener una visión general del proceso así como las interrelaciones existentes.

Finalmente, se efectuó la recolección de la data histórica del fármaco para realizar el análisis del mismo.

2.1.1. Diagrama de Flujo Funcional

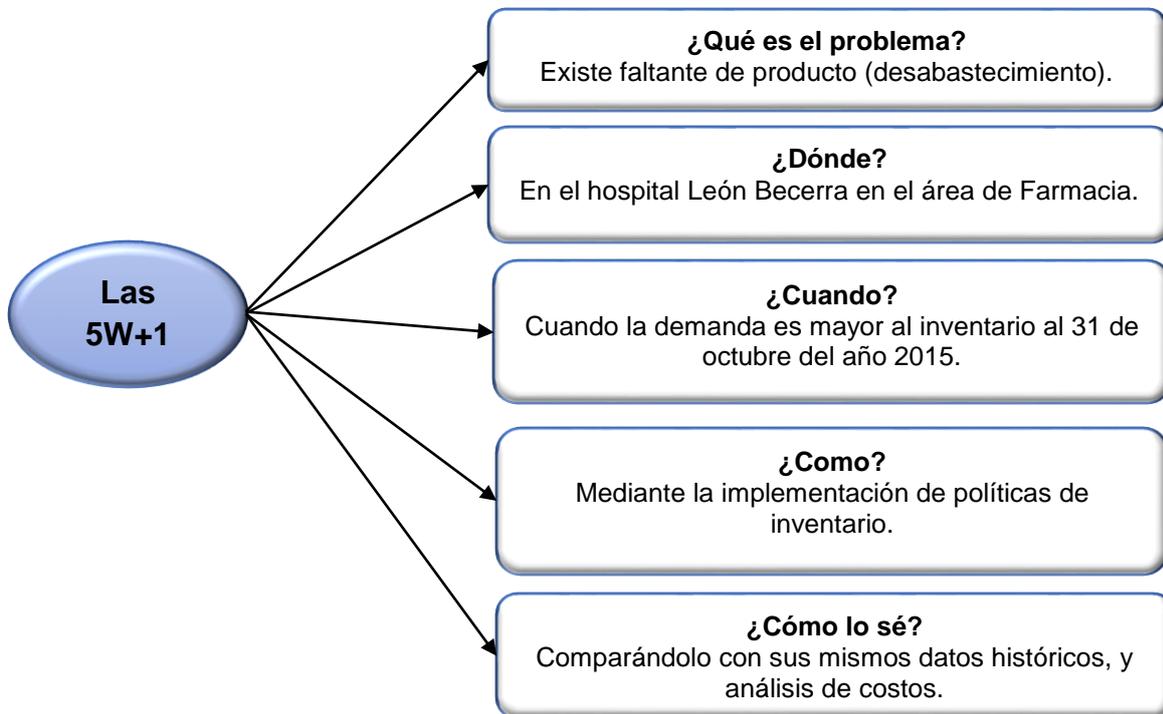
Se mostrarán dos flujos: En la ilustración 27 indica el proceso que pasa el producto desde que el familiar del paciente lo adquiere en farmacia hasta que se lo suministran al paciente; mientras tanto la ilustración 28 muestra el proceso que pasa dicho producto desde que se realiza el pedido al proveedor hasta que ingresa a ser parte del inventario de farmacia. (VER ANEXO ILUSTRACION 27 Y 28).

2.1.2. Herramienta SIPOC

Con esta herramienta determinamos los procesos claves de nuestro proyecto, además de tener una perspectiva global de cada uno de sus componentes (VER ANEXO TABLA 19).

2.1.3. Herramienta de las 5W + H

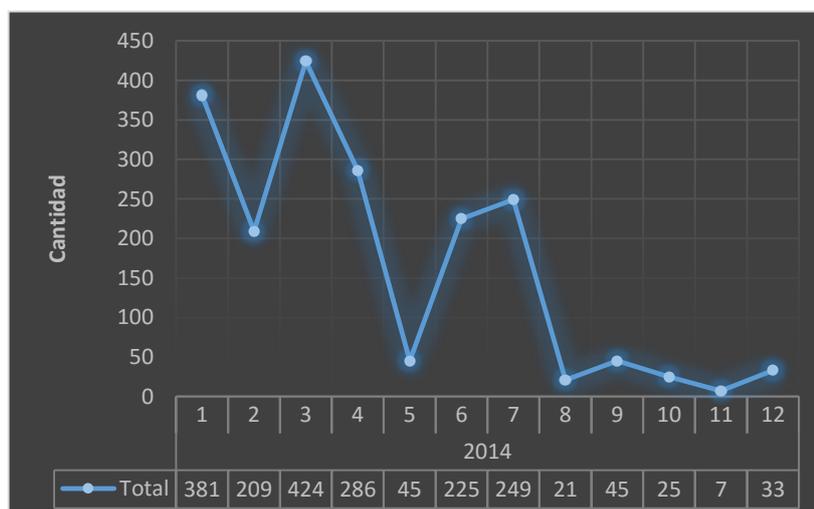
Ilustración 7 Herramienta de las 5W + H



2.1.4. Datos históricos para definición del problema

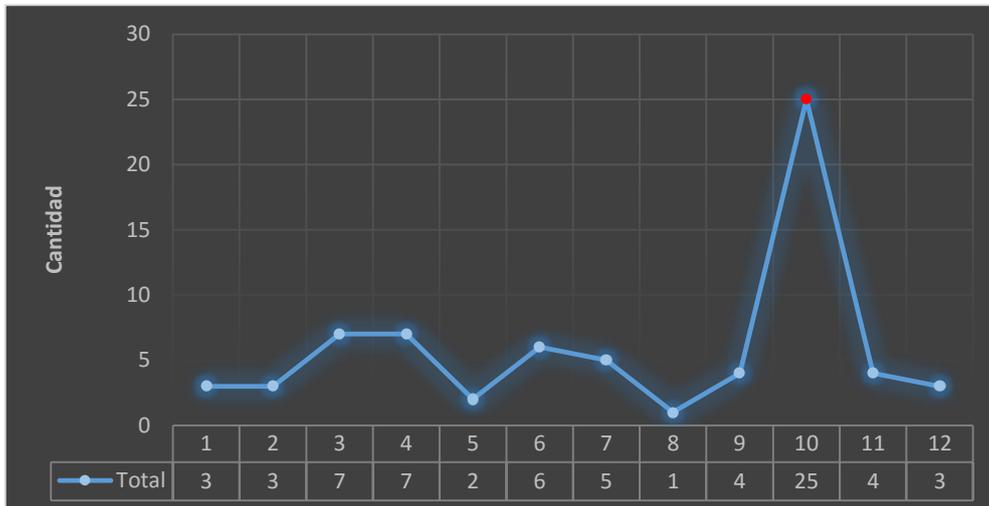
En la ilustración 8 se muestra la gráfica mensual del total de pedidos realizados por la farmacia del hospital en el año 2014, donde se puede observar que hasta el mes 7 (julio) existen en su gran mayoría picos altos en los pedidos con un máximo de 424 frascos de Albúmina, mientras que en los demás meses se observa pedidos bajos de hasta 7 frascos de Albúmina. Estos cambios bruscos en los pedidos se debieron a un aumento de la demanda por epidemias y brotes de dengue hemorrágico.

Ilustración 8 Pedidos mensuales del año 2014



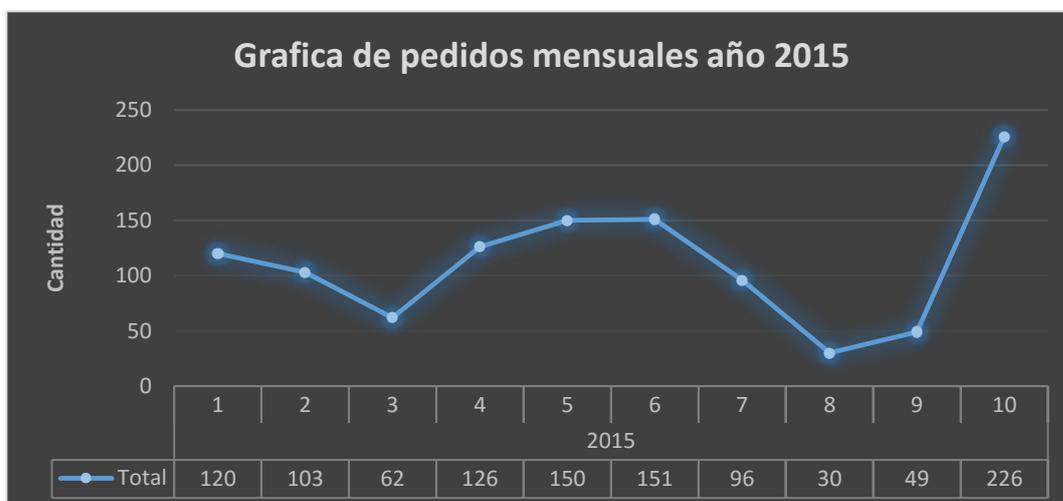
En la ilustración 9 se muestra la gráfica mensual de la cantidad de faltantes existentes en el año 2014 del total de pedidos realizados en el mismo año, donde se puede observar que la cantidad de faltantes máxima llegó a 25 frascos de albumina en el mes 10 y un mínimo de faltantes de 1 frasco de albumina en el mes 8 del mismo año.

Ilustración 9 Cantidad de faltantes mensuales año 2014



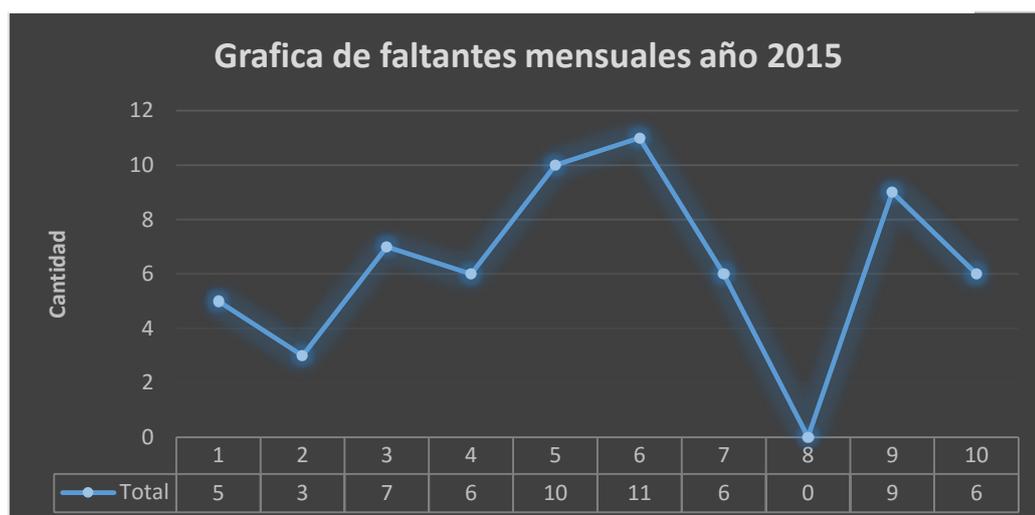
En la ilustración 10 se muestra la gráfica mensual del total de pedidos realizados por la farmacia del hospital en el año 2015, donde se puede observar que la cantidad de pedido máxima llega a 226 frascos de Albúmina en el mes 10 y un mínimo de 30 frascos de Albúmina en el mes 8.

Ilustración 10 Pedidos mensuales en el año 2015



En la ilustración 11 se muestra la gráfica mensual de la cantidad de faltantes existentes en el año 2015 del total de pedidos realizados en el mismo año, donde se puede observar que la cantidad de faltantes máxima llegó a 11 frascos de albumina en el mes 6 y un mínimo de faltantes de 0 frasco de albumina en el mes 8 del mismo año.

Ilustración 11 Cantidad de faltantes mensuales año 2015



2.1.5. Evidencia de Faltantes

En la tabla 1, 2, 3 se muestra ejemplos de la evidencia encontrada en data histórica recolectada, donde se muestra que existe faltante de Albúmina de 50 ml.

Se puede observar que en la columna "comentarios" la persona encargada de realizar el ingreso al sistema registra, cuando la compra del fármaco fue realizada por el familiar del paciente (PTE) o es una compra realizada por la farmacia del hospital.

Tabla 1 Registros de evidencia de faltantes

REGISTROS EN BASE DE DATOS DE SISTEMAS				
Fecha	Proveedor	Comentario	Producto	Cantidad
28/10/2014	DIFARE S.A.	FACT.55129 DIFARE- COMPRO PTE. FELICITA SUAREZ- SE ENTREGA A IVONNE	ALBUMINA	2
20/1/2014	DIFARE S.A.	FACT. 577022 DIFARE	ALBUMINA	18

Tabla 2 Data de Faltantes, año 2014

ID	DI	Diá	Mes	Año	Hora	Proveedor	Comentario	Producto	Cantidad
378	11784	30	1	2014	9:05:32	DIFARE S.A.	FACT. 580339 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	36
379	11723	23	1	2014	9:34:27	DIFARE S.A.	FACT.570875 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	36
380	11805	31	1	2014	14:20:46	DIFARE S.A.	FACT. 580807 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	36
381	11712	22	1	2014	9:14:18	JARAMILLO CASTILLO RENE DAVID	FACT. 431 JARAMILLO CASTILLO	ALBUMINA HUMANA /	10
382	13200	24	6	2014	13:02:44	JARAMILLO CASTILLO RENE DAVID	FACT.557 JARAMILLO, no cuadra por 1 ctvo	ALBUMINA HUMANA /	2
383	13210	25	6	2014	11:54:49	JARAMILLO CASTILLO RENE DAVID	factura 558 JARAMILLO	ALBUMINA HUMANA /	5
384	13216	26	6	2014	11:16:07	VIARIOS	SE CARGA AL INVENTARIO 2 ALBUMINA DEL PACIENTE CHICA DELGADO QUE ENCAJ	ALBUMINA HUMANA /	3
385	13226	27	6	2014	15:12:49	CORPORACION FARMACEUTICA MEDISUMI S	FACT. 120507 MEDISUMI	ALBUMINA HUMANA /	50
386	13227	27	6	2014	15:14:42	JARAMILLO CASTILLO RENE DAVID	FACT. 559 JARAMILLO	ALBUMINA HUMANA /	2
387	11772	29	1	2014	15:17:38	VIARIOS	ANCHUNDIA CHICA RAMON UCI IESS	ALBUMINA HUMANA /	9
388	14321	28	10	2014	12:43:55	DIFARE S.A.	FACT.55129 DIFARE- COMPRO PTE. FELICITA SUAREZ- SE ENTREGA A IVONNE	ALBUMINA HUMANA /	2
389	14323	28	10	2014	13:14:31	JUNTA DE BENEFICIENCIA DE GUAYAQUIL	FACT. 620669 JUNTA DE BENEFICIENCIA- COMPRO PTE. SEGUNDA BENAVIDES- SE E	ALBUMINA HUMANA /	2
390	14333	28	10	2014	16:32:10	DIFARE S.A.	FACT. 63896 DIFARE- SUPERDESCUENTO- COMPRO PTE. RIVERA MORAN JOSE LUIS-	ALBUMINA HUMANA /	1
391	14335	28	10	2014	16:43:22	JUNTA DE BENEFICIENCIA DE GUAYAQUIL	FACT. 594387 JUNTA DE BENEFICIENCIA- COMPRO PTE. BENAVIDES GARCIA SEGUN	ALBUMINA HUMANA /	1
392	14341	28	10	2014	17:26:58	MEJIA AVECILLAS MARIA JOSE DIST.FARM SU	FACT. 3589 MEJIA AVECILLAS MARIA JOSE-* COMPRO PTE. BENAVIDES GARCIA SEG	ALBUMINA HUMANA /	2
393	14346	29	10	2014	9:08:52	URGILES VASQUEZ LUIS ALBERTO (DIST. NUE	FACT. 41717 URGILES VASQUEZ<-DIST. NUEVA SELECTA- COMPRO PTE SEGUNDA BE	ALBUMINA HUMANA /	2

Tabla 3 Data de Faltantes, año 2015

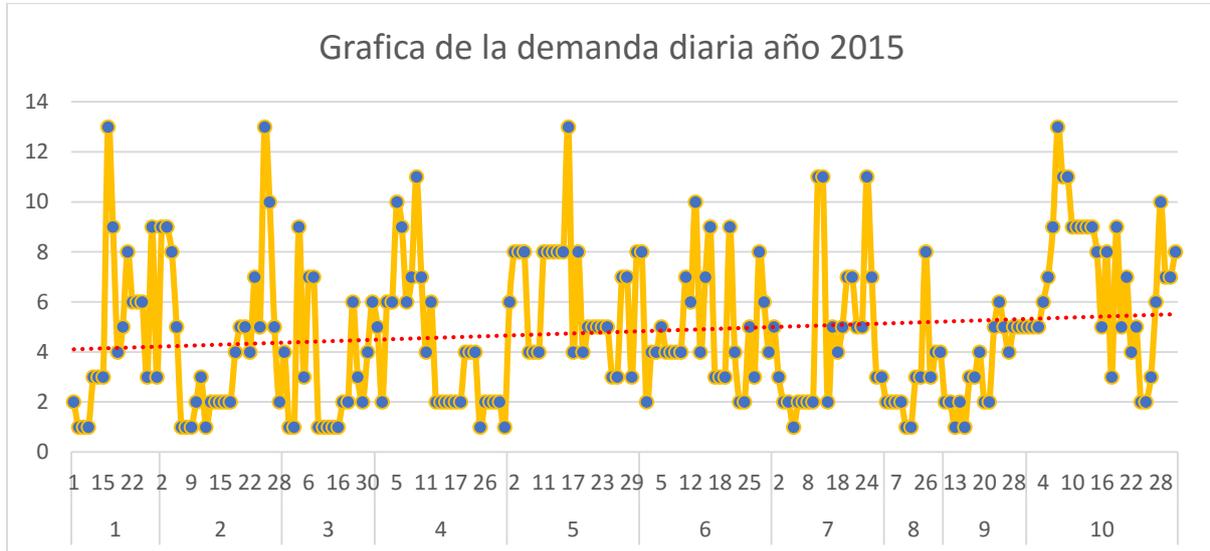
ID	DI	Diá	Mes	Año	Hora	Proveedor	Comentario	Producto	Cantidad
503	16867	23	1	2015	12:22:55	DIFARE S.A.	FACT. 192721 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	30
504	17968	2	4	2015	10:17:11	DIFARE S.A.	FACT. 242980 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	30
505	16745	19	1	2015	17:18:49	DIFARE S.A.	FACT. 000189789 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	30
506	18758	5	6	2015	8:20:27	JARAMILLO ALBORNOZ ISAAC DAVID (MEDIC	fact.95 jaramillo albornoz	ALBUMINA HUMANA /	30
507	16450	8	1	2015	14:28:47	VIARIOS	DEVOLUCION LEON LOAIZA NELSON H120 HC122519 PTE IESS	ALBUMINA HUMANA /	1
508	16545	13	1	2015	12:30:08	DIFARE S.A.	FACT 184933 CREDITO DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	20
509	16613	14	1	2015	18:46:39	DIFARE S.A.	FACT186436 CREDITO DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	10
510	16985	28	1	2015	8:31:37	VIARIOS	MONTERO RUEDA MARIA - DEVOLUCION UCI	ALBUMINA HUMANA /	3
511	16986	28	1	2015	8:33:03	VIARIOS	RAMIREZ ILLESCAS ZOILA UCI- DEVOLUCION	ALBUMINA HUMANA /	1
512	16992	28	1	2015	11:07:10	DIFARE S.A.	FACT. 196206 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	25
513	17082	3	2	2015	10:24:42	DIFARE S.A.	FACT. 201226 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	25
514	17502	27	2	2015	15:49:09	DIFARE S.A.	FACT. 217904 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	25
515	18085	11	4	2015	11:15:03	DIFARE S.A.	FACT. 248951 DIFARE	ALBUMINA HUMANA /	30
516	18143	15	4	2015	9:37:29	VIARIOS	MONAR MANTILLA ANGEL OVIDIO IESS P.BAQUERIZO	ALBUMINA HUMANA /	1

2.1.6. Determinación si es de rápido o lento movimiento.

Se determinó que el fármaco albumina de 50 ml es un producto de lento movimiento, debido a que, la demanda promedio pronosticada es menor a 10. Se consideró como muestra los datos de los tres primeros meses del año 2015 y un lead time del proveedor = 1 día (VER ANEXO TABLA 20).

2.1.7. Determinación de la demanda.

Ilustración 12 Demanda diaria año 2015



Al observar la ilustración 12 se determinó que el fármaco albumina de 50 *ml* sigue una demanda cambiante en el tiempo ya que el coeficiente de variación es mayor a 0,25 (VER ANEXO TABLA 21).

2.1.8. Clasificación del producto

Para determinar qué tipo de ítem es nuestro fármaco se procedió a multiplicar la demanda por el costo unitario, obteniéndose como resultado que el fármaco es un ítem tipo A.

Tabla 4 Clasificación del producto

FARMACOS	DESCRIPCION	DEMANDA	DEMANDA*COSTO	TIPO
B05AA01	ALBUMINA HUMANA AL 20-25% SOLUCION INYECTABLE NORMAL.	273	\$ 14.196,00	A
A02BC014510	OMEPRAZOL 40MG POLVO PARA INYECCION	155	\$ 471,20	B
M01AB154112	KETOROLACO(60MG) 30MG/ML SOLUCION INYECTABLE 2ML	262	\$ 447,55	C
A02AF012600	MAGALDRATO CON SIMETICONA HidrOxido de Al y Mg SUSPENSION	121	\$ 439,98	-
H02AB044510	METILPREDNISOLONA, SUCCINATO 125MG POLVO PARA INYECCION	24	\$ 190,84	-
B05CB014114	SODIO CLORURO 0.9% FUNDA X 1000 ML SOLUCION INYECTABLE	162	\$ 186,03	-
B05BA034113	DEXTOSA EN AGUA 5% SOLUCION INYECTABLE 1000ML FUNDA	102	\$ 185,25	-
N02BE012520	PARACETAMOL acetaminofen 150/5ML JARABE	182	\$ 184,21	-
A06AD113012	LACTULOSA 65% SOLUCION ORAL FRASCO 220ML	26	\$ 159,74	-

2.1.9. Suposiciones Consideradas

Se determinó mediante charlas y entrevistas con la jefa de farmacia que no existe descuentos en el fármaco por cantidad pedida.

2.1.10. Cálculo de los costos:

Tabla 5 Datos de las operaciones de farmacia

DATOS	
Precio Unitario albumina(\$)	\$ 48,00
Crédito Proveedor(DIFARE)	90 días
Tiempo de vida útil del fármaco	1094 días
Sueldo por persona	\$354,00
Consumo energético del refrigerador(<i>kW/año</i>)	450
Total de personas trabajando en farmacia	11

Tabla 6 Cálculo del costo fijo de ordenar

COSTO FIJO DE ORDENAR MATERIALES (\$)		
Costo de ordenar 30 frascos (\$)	Costo del personal (\$)	C(Z)
1.440,00	0,52	1.440,52

Tabla 7 Cálculo del costo de mantener inventario

COSTO DE MANTENER INVENTARIO POR UNIDAD (\$)		
Costo del fármaco (\$)	Tasa de costo de mantener inventario (i)	h(\$)
48,00	10%	4,80

Tabla 8 Cálculo del costo por faltantes por unidad

COSTO POR FALTANTES POR UNIDAD(\$)		
Costo del fármaco (\$)	Costo del fármaco a clientes IESS. (\$)	Cf
48,00	52,80	4,80

2.1.11. Determinación de la demanda para la política (s , Q).

Calculo del tamaño de la muestra

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó el software estadístico MINITAB, donde se considera como muestra piloto los datos de la demanda del mes de noviembre con los siguientes supuestos:

- Nivel de confianza= 95%
- Margen de error para el intervalo de confianza= 10%

Como resultado se obtuvo que el tamaño de la muestra igual a 988, el cual nos asegura que estamos trabajando con un tamaño de muestra representativa para el análisis del proyecto. A pesar de necesitar 988 datos, se utilizó un tamaño de muestra igual a 226 datos correspondiente al número de datos obtenidos del año 2015, debido a que los datos de la demanda de los años 2012 al 2014 son muy variables y presentan picos, los cuales se debieron a brotes de dengue hemorrágico y falta de control en el proceso de administración de la Albúmina a los pacientes hospitalizados. (VER ANEXOS ILUSTRACIÓN 28)

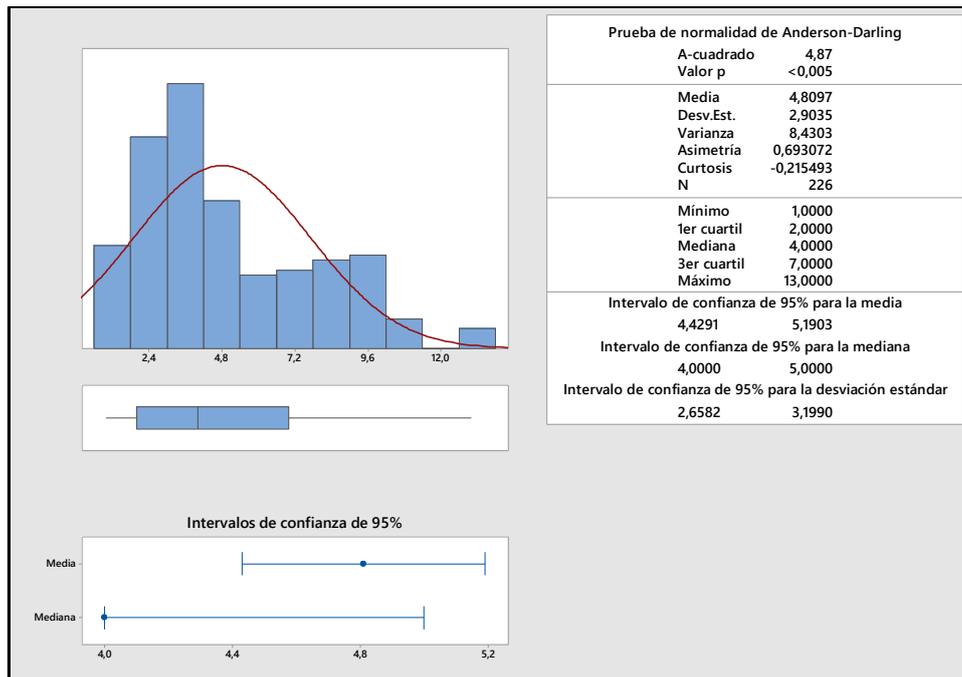
Tamaño de la muestra para estimación	
Método	
Parámetro	Media
Distribución	Normal
Desviación estándar	1,601 (estimación)
Nivel de confianza	95%
Intervalo de confianza	Bilateral
Resultados	
Margen de error	Tamaño de la muestra
0,1	988

Pruebas Hipótesis:

H_0 : Los datos de la demanda diaria siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos de la demanda diaria no siguen una distribución normal.

Ilustración 13 Histograma de la demanda diaria año 2015



Con un $p < 0,005$ se rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye que nuestros datos de la demanda diaria no siguen una distribución de probabilidad normal.

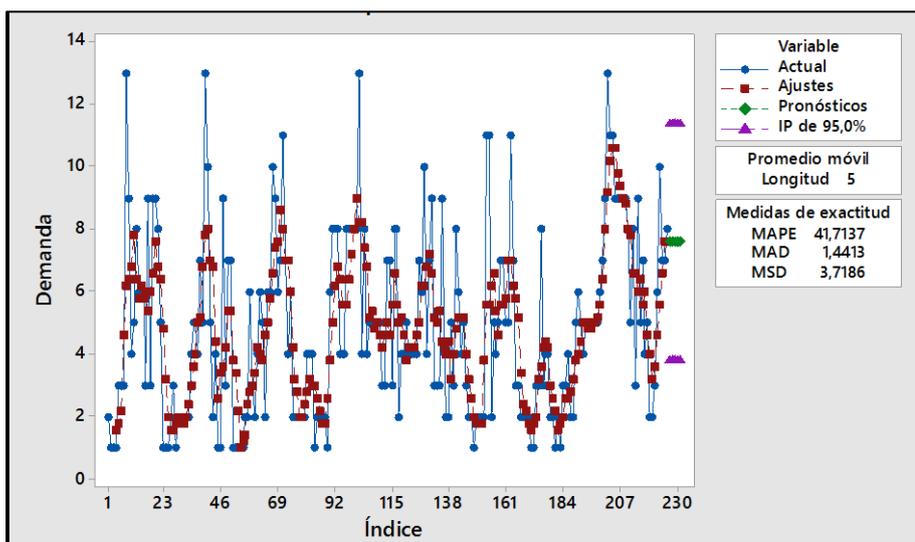
Prueba de modelos de serie de tiempo

Debido a que los datos de la demanda diaria en el año 2015 no siguen una distribución de probabilidad normal, se realizó tres modelos de serie de tiempo, con el objetivo de suavizar la demanda diaria y así poder escoger el modelo que menor error presenta mediante el uso de los indicadores (MAD, MSD Y TS), para finalmente realizar el análisis de los datos de la demanda diaria pronosticada e identificar el tipo de distribución de probabilidad que siguen los mismos.

a. Modelo de Media Móvil

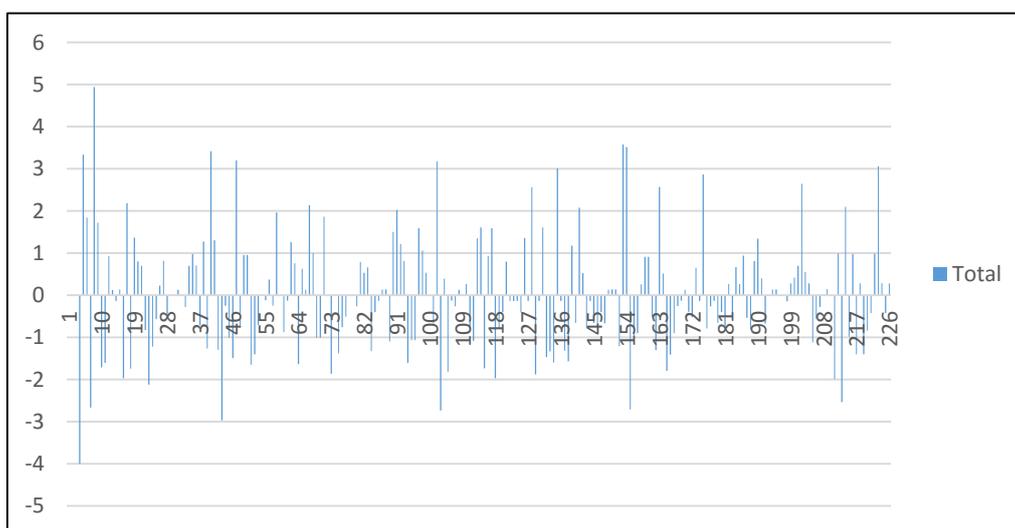
En la ilustración 14 se muestra la gráfica de los datos de la demanda diaria del año 2015 los cuales fueron suavizados mediante el uso del modelo de media móvil, donde se obtuvo los valores de tres medidas de error como el MAPE, MAD Y MSD.

Ilustración 14 Modelo de media móvil



En la ilustración 15 se muestra la gráfica de los datos del error, los cuales fueron calculados mediante el uso de la fórmula del TS (Tracking Signal), donde se puede observar que el método de pronóstico sobre-estima y sub-estima la demanda real dentro de los límites permitidos según el TS el cual es : $-6 \leq TS \leq 6$.

Ilustración 15 Medida de error Tracking Signal

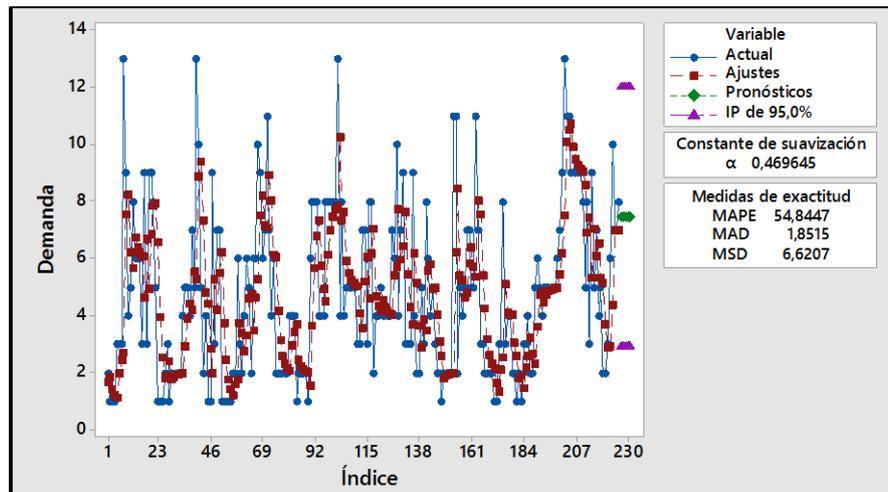


b. Ajuste exponencial simple

Para la realización del ajuste exponencial simple se utilizó los datos de la demanda diaria año 2015 con una ponderación del 20% para suavizar los datos y el número 5 para la generación de los pronósticos.

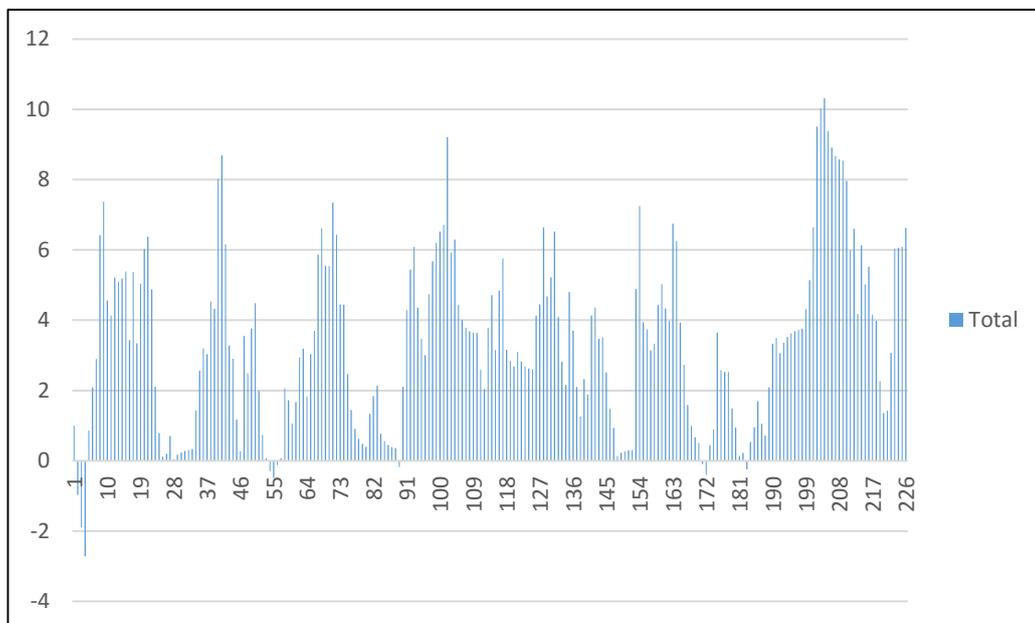
En la ilustración 16 se muestra los valores de tres medidas de error como el MAPE, MAD Y MSD los cuales fueron calculados mediante el uso del software estadístico MINITAB.

Ilustración 16 Modelo de ajuste exponencial simple



En la ilustración 17 se muestra la gráfica de los datos del error, los cuales fueron calculados mediante el uso de la fórmula del TS (Tracking Signal), donde se puede observar claramente que el método de pronóstico sobre-estima la demanda real fuera de los límites permitidos por el Tracking Signal. $-6 \leq TS \leq 6$.

Ilustración 17 Medida de error Tracking Signal

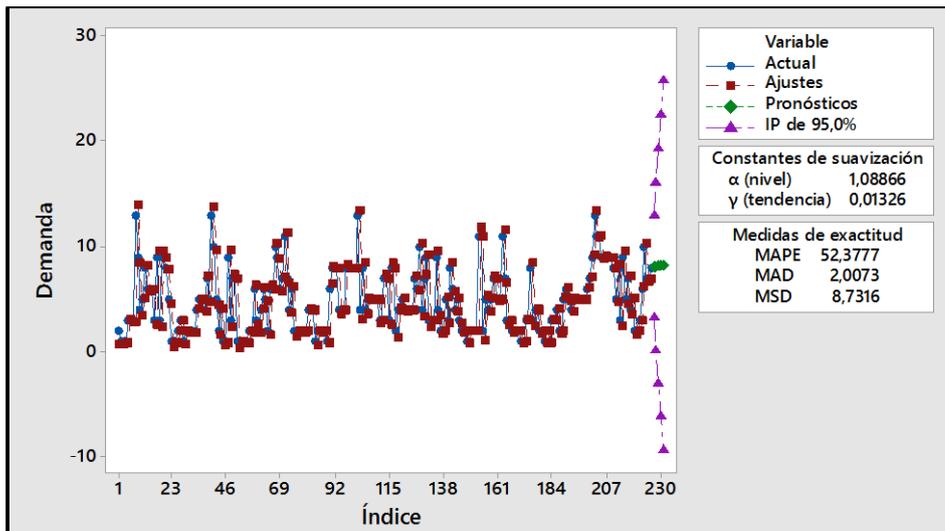


c. Ajuste exponencial con tendencia corregida (Modelo de Holt's)

Para la realización del ajuste exponencial simple se utilizó los datos de la demanda diaria año 2015 con una ponderación del 20% para el nivel y la tendencia, finalmente el número 5 nos dice el número de pronósticos que se quieren generar.

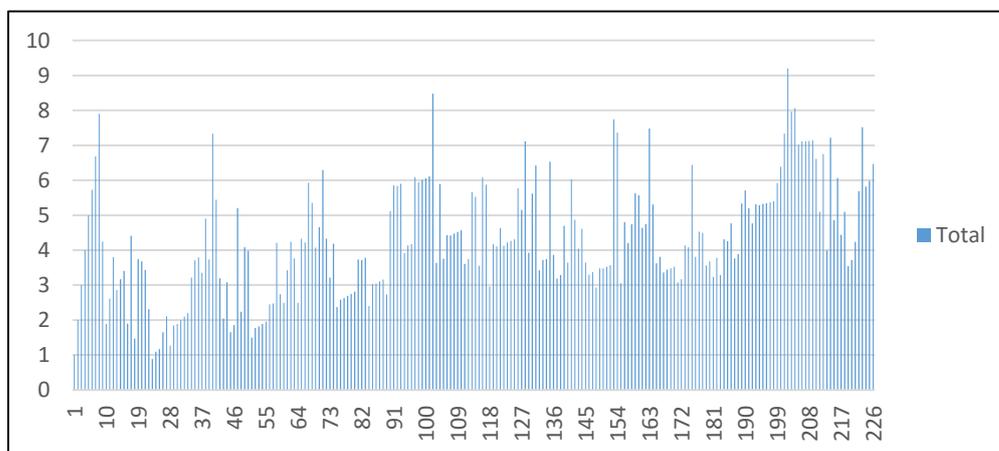
En la ilustración 18 se muestra los valores de tres medidas de error como el MAPE, MAD Y MSD los cuales fueron calculados mediante el uso del software estadístico MINITAB.

Ilustración 18 Modelo de Holt's



En la ilustración 19 se muestra la gráfica de los datos del error, los cuales fueron calculados mediante el uso de la fórmula del TS (Tracking Signal), donde se puede observar que el método de pronóstico sobre-estima la demanda real fuera de los límites permitidos por el Tracking Signal. $-6 \leq TS \leq 6$.

Ilustración 19 Medida de error Tracking Signal



Finalmente se concluye que el método de media móvil es el mejor método de pronóstico de los tres desarrollados, ya que es el único método que se encuentra dentro de los límites permitidos mediante el uso del Tracking Signal $-6 \leq TS \leq 6$, por lo cual se procede a hacer el análisis sobre los datos pronosticados del método ganador, para así poder identificar el tipo de distribución que siguen los datos de la demanda diaria.

Prueba de hipótesis para la identificación de la distribución de probabilidad que siguen los datos del pronóstico.

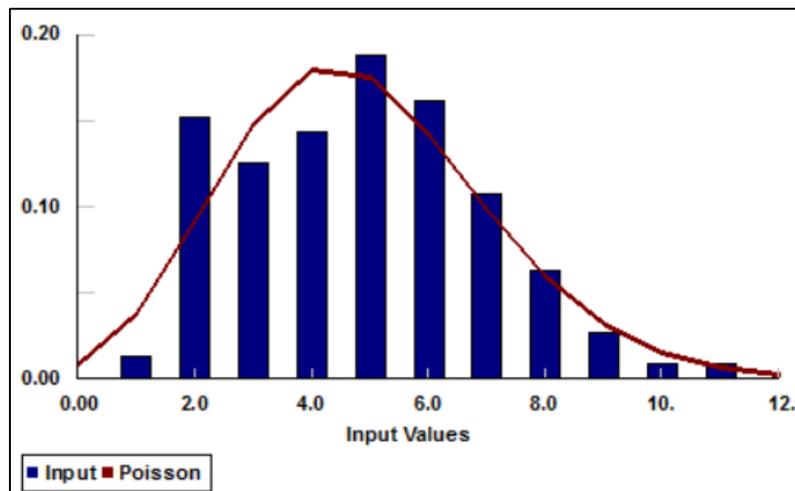
Hipótesis:

H_0 : Los datos del pronóstico siguen una distribución Poisson.

H_1 : Los datos del pronóstico no siguen una distribución Poisson.

En la ilustración 20 se muestra el histograma de frecuencia de los datos de la demanda pronosticada en el año 2015 los cuales están de color azul y además se observa de color rojo la mejor aproximación de los datos a una distribución de probabilidad que en este caso es la Poisson.

Ilustración 20 Histograma de la demanda pronosticada año 2015



En la ilustración 21 se muestra los resultados de dos pruebas de bondad de ajuste realizados sobre los datos de la demanda diaria pronosticada como la Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov las cuales nos dan un valor $p=0,53$ y $p=0,97$ respectivamente.

Ilustración 21 Prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado y Kolmogorov- Smirnov

Poisson	
lamda =	4.86547
Chi Squared	
total classes	8
interval type	equal probable
net bins	7
chi**2	5.09
degrees of freedom	6
alpha	5.e-002
chi**2(6,5.e-002)	12.6
p-value	0.532
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	223
ks stat	3.18e-002
alpha	5.e-002
ks stat(223,5.e-002)	9.02e-002
p-value	0.974
result	DO NOT REJECT

Con un $p=0,974$ no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye que los datos de la demanda diaria pronosticada siguen una distribución Poisson.

Reglas de decisión para el cálculo del factor de seguridad K de ítems tipo A y de lento movimiento:

$$X^{\wedge}_L < 10 \text{ unidades}$$

$$0.9 * \sqrt{X_L} \leq \sigma_L \leq 1.1 * \sqrt{X_L} \quad \text{Usar modelo Poisson}$$

$$\sigma_L \text{ se encuentra fuera de los limites } (1 \pm 0.1)\sqrt{X_L} \quad \text{Usar modelo Laplace}$$

Para $X^{\wedge}_L < 10 \text{ unidades}$ (Laplace Error)

$$K = \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \left[\frac{D * (TBS)}{2 * Q} \right]$$

Cálculos:

$$X^{\wedge}_L = 4,83$$

$$\sigma_L = 1.93$$

$$1.97 \leq \sigma_L \leq 2.41$$

Según el análisis de resultados se llega a la conclusión que se debe calcular el factor de seguridad k con la ecuación del modelo de Laplace ya que la desviación estándar del pronóstico del error se encuentra fuera de los límites permitidos.

Cálculos de la política (s, Q)

Calculo del factor de seguridad

Tabla 9 Cálculo del factor de seguridad

Cantidad (Q).	Demanda durante un periodo(D)	Factor de seguridad (K)
53,820	1287	1,755
Aproximadamente		1,8

Calculo del stock de seguridad

Tabla 10 Cálculo del stock de seguridad SS

Desviación del error pronosticado	Factor de seguridad (K)	Safety Stock (SS)
1,93	1,75	3,39
Aproximadamente		4

Calculo del punto de re- orden:

$$S = X^{\wedge}_L + SS$$

$$S = 4,83 + 4$$

$$S = 8 \text{ unidades}$$

Calculo de la cantidad Q

Tabla 11 Cálculo de la cantidad Q

Demanda Promedio (D)	Costo de Ordenar(K)	Costo de mantener(H)	Cantidad (Q).
4,83	1.440,52	4,80	53,82
Aproximadamente			54

2.1.12. Determinación de la demanda para la política (R, S).

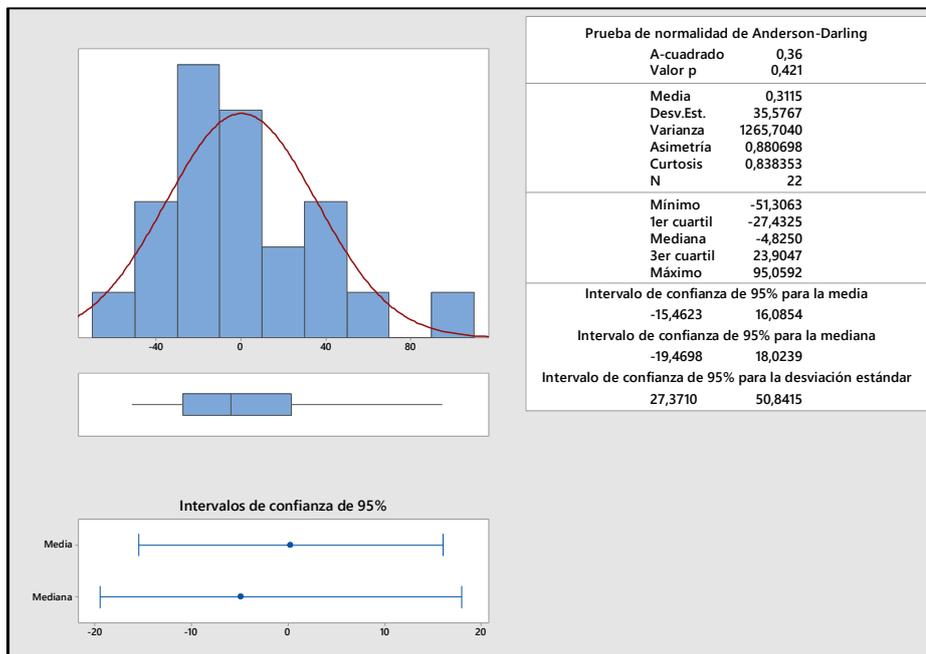
Para determinar la distribución que sigue la demanda para la política (R, S) con un periodo de revisión de 14 días y 1 día de lead time se toman los datos agrupados de la demanda del año 2015, cada 15 días (VER ANEXO TABLA 22).

Pruebas Hipótesis:

H_0 : Los datos de la demanda cada 15 días siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos de la demanda cada 15 días no siguen una distribución normal.

Ilustración 22 Histograma de la demanda agrupada cada 15 días



Con un $p=0,421$ no rechazamos la hipótesis nula, por tal motivo se concluye que los datos de la demanda agrupada cada 15 días siguen una distribución de probabilidad normal.

Reglas de decisión para el cálculo del factor de seguridad K

Debido a que los datos de la demanda agrupados dentro de periodo de revisión más el lead time nos da una distribución de probabilidad normal, podemos calcular el factor de seguridad K con la siguiente fórmula.

Fórmula:

$$CSL^* = 1 - \frac{HQ}{HQ + DC_u}$$

$$K = F^{-1}_s(CSL)$$

Cálculos de la política (R, S)

Cálculo del nivel de servicio

Tabla 12 Calculo del nivel de servicio

Calculo del nivel de servicio (CSL)				
Demanda durante un periodo(D)	Costo de mantener una unidad de stock por unidad de tiempo(H)	Lote promedio de reabastecimiento(Q)	Costo de sub-stock(Cu)	CSL
1287	4,8	49,36	4,8	0,963

En la tabla 12 se puede observar que el nivel de servicio es igual al 0,963 el cual quiere decir que las pérdidas por ventas son mínimas.

Cálculo del stock de seguridad

Tabla 13 Calculo del Stock de seguridad

Calculo del Stock de seguridad		
Factor de seguridad(K)	Desviación error pronosticado R+L	Stock de Seguridad(SS)
1,79	30,57	55

Cálculo del nivel máximo stock

$$S = X^{R+L} + SS$$

$$S = 53,3 + 55$$

$$S = 108 \text{ unidades}$$

2.1.13. Cálculos para el modelo de pronóstico

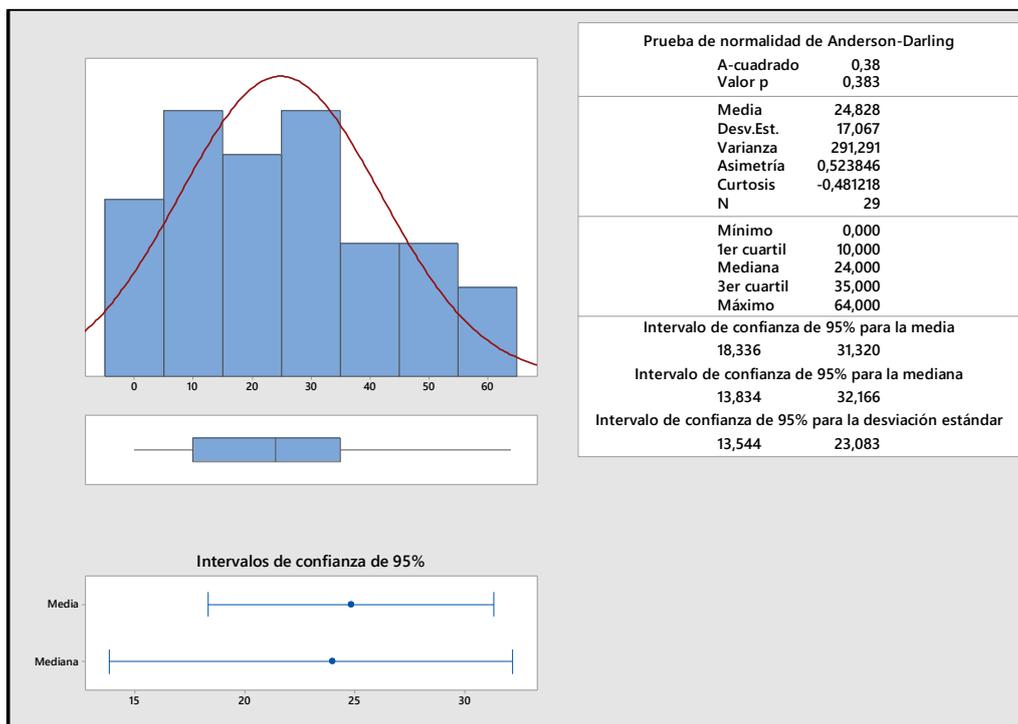
Los 3 factores y la relación que existe entre ellos generan el factor principal que impacta la variable de respuesta, En la siguiente tabla se muestran dichos factores (VER ANEXO TABLA 23).

Prueba de hipótesis:

H_0 : Los datos de la demanda semanal sigue una distribución de probabilidad normal.

H_1 : Los datos de la demanda semanal no sigue una distribución de probabilidad normal.

Ilustración 23 Histograma de la demanda semanal año 2015



Con un valor $p= 0,383$ no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede decir que los datos de la demanda semanal siguen una distribución de probabilidad normal.

Resultado de la regresión lineal

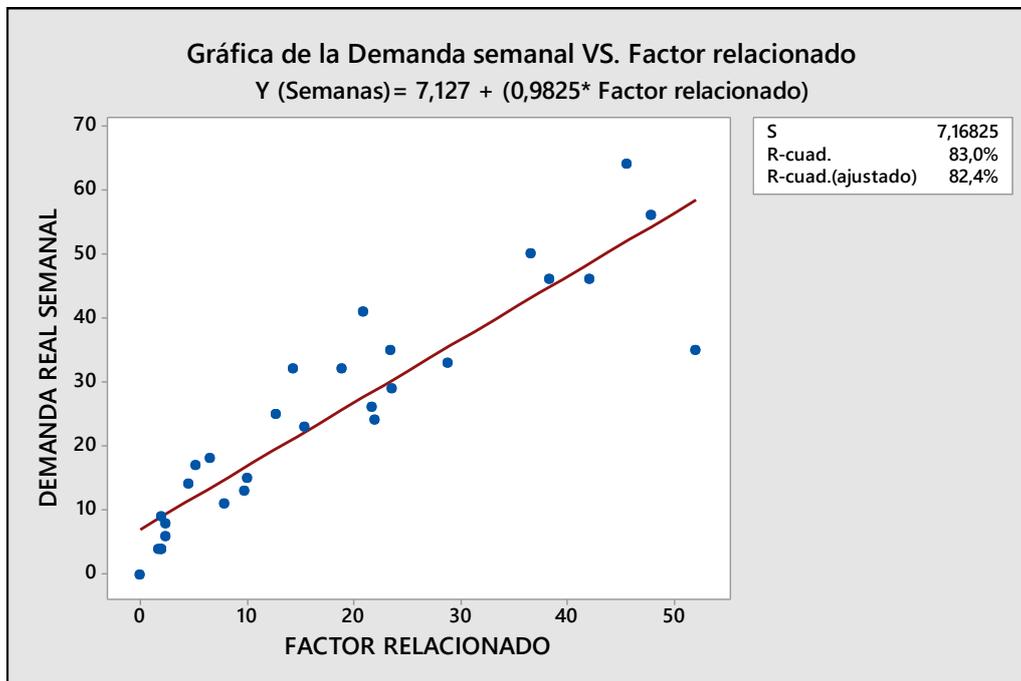
En la tabla 14 se puede observar que el R^2 ajustado es igual al 82% lo cual nos asegura que la variable de respuesta (demanda) explica o capta un 82% la variabilidad de los factores que afectan significativamente a la demanda.

Tabla 14 Resultados del modelo de regresión

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,910988112
Coefficiente de determinación R^2	0,82989934
R^2 ajustado	0,823599315
Error típico	7,168254211
Observaciones	29

En la ilustración 24 se puede ver de forma gráfica los valores de la demanda observada vs. Valores ajustados, el cual nos da un R^2 igual a 82%.

Ilustración 24 Demanda observada vs. Valores ajustados



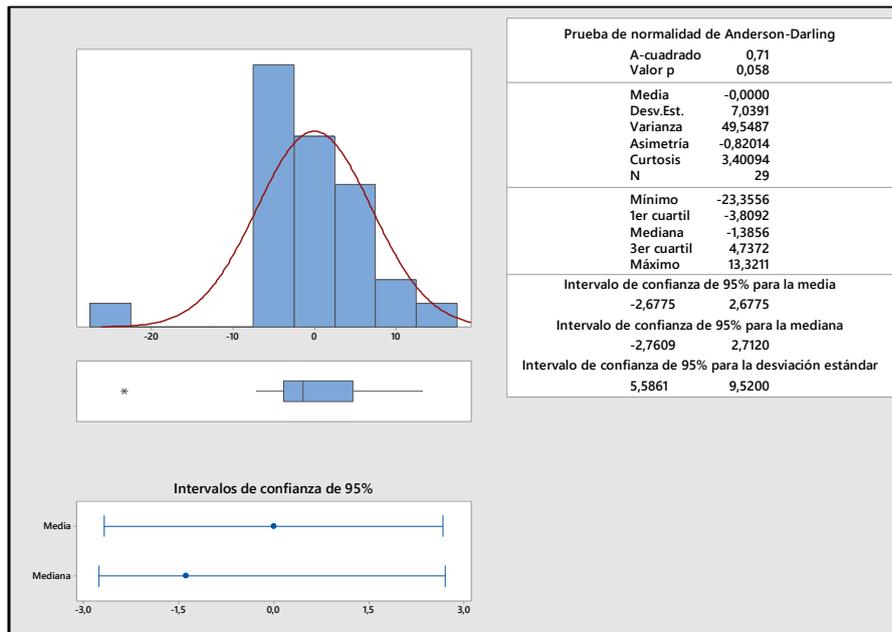
Análisis de residuos

Prueba de hipótesis:

H_0 : Los datos de los residuos siguen una distribución de probabilidad normal.

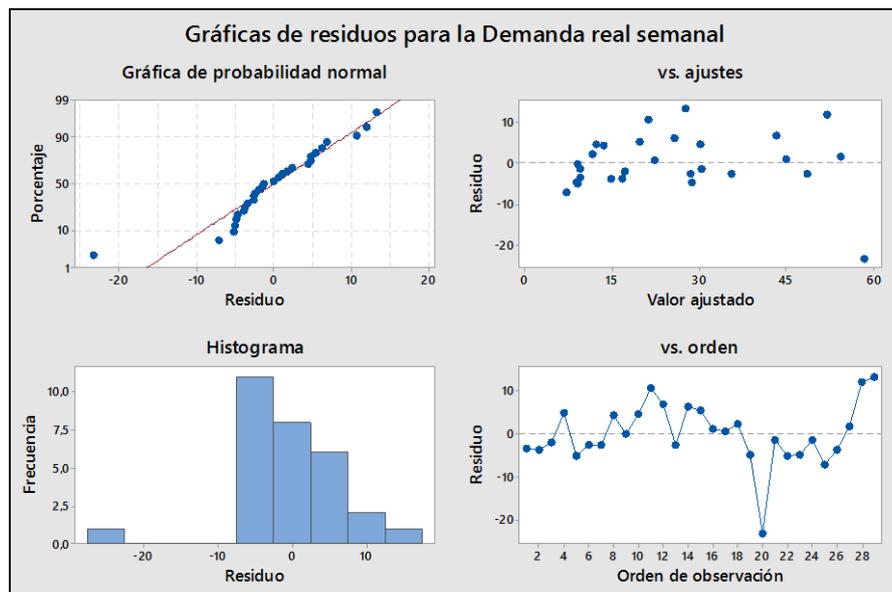
H_1 : Los datos de los residuos no siguen una distribución de probabilidad normal.

Ilustración 25 Histograma de los residuos semanales año 2015



Con un valor $p= 0,058$ no se rechaza la hipótesis nula, por lo que los datos de la demanda semanal siguen una distribución de probabilidad normal.

Ilustración 26 Residuos de la demanda real semanal



Según la ilustración 26 se cumplen los supuestos de Normalidad, Homogeneidad e independencia.

Calculo del Error del modelo de pronóstico

Para realizar el análisis del error se consideraron dos Indicadores como son:

- MAPE ya que el pronóstico tiene estacionalidad y varía de un periodo a otro.
- TRACKING SIGNAL ya que el patrón de la demanda presenta cambios inesperados que se alejan de su comportamiento común. $-6 > TS > 6$.

Según el análisis del error se puede decir que el modelo es bueno ya que se encuentra dentro de los límites permitidos según el indicador del Tracking Signal. (VER ANEXO TABLA 24)

2.2 Análisis de Causas

2.2.1. Diagrama Ishikawa (Causa-efecto).

Para la identificación de otros factores que pueden afectar al problema identificado en el proyecto se realizó los siguientes pasos:

1. Entrevistas con la jefa de área de farmacia, jefe del área de sistemas, Jefa del área de UCI y Gerente del Hospital.
2. Observación y levantamiento del proceso de la albumina desde que se realiza el pedido, recepción, almacenamiento y administración del mismo a los pacientes hospitalizados.
3. Con la información recolectada se realizó uso de herramientas como lluvia de ideas y 5 porqués.
4. Identificación de las variables que afectan significativamente al problema.
5. Realización del diagrama causa- efecto. (VER ANEXO ILUSTRACION 29).

2.3. Diseño de mejoras

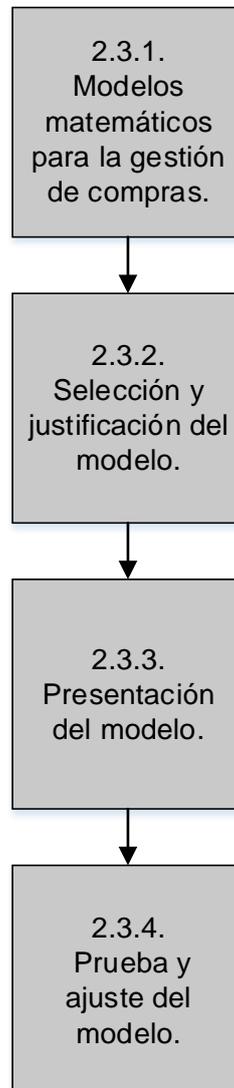


Ilustración 27 Muestra la estructura para la presentación de las mejoras.

2.3.1. Modelo matemático para gestionar las compras.

En esta sección se encontrara los tipos de modelos de inventario más utilizados, tanto para sistemas de revisión continua y revisión periódica, los cuales han sido considerados para la gestión de compras del fármaco Albúmina.

Modelos de revisión continúa:

- Política de punto de re-orden, cantidad de pedido (s, Q).
- Política de punto de re-orden, Nivel máximo (s, S).

Modelos de revisión periódica:

- Política de revisión periódica, nivel máximo (R, S).
- Revisión periódica, punto de re-orden, Nivel máximo (R, s, S).

2.3.2. Selección y justificación del modelo

En esta sección se muestra el tipo de revisión y modelo seleccionado, así como la justificación de los mismos realizando comparaciones entre sus ventajas y desventajas.

Sistema de revisión

Para realizar la selección del tipo de revisión se consideró que nuestro producto es:

- Un ítem tipo A que involucra un alto costo, por lo cual, no es conveniente mantener niveles altos de inventario.
- Un ítem de lento movimiento por lo que el costo de revisión es bajo.
- La revisión física del ítem es sencilla ya que es un solo ítem y se encuentra ubicado en un refrigerador tipo vitrina el cual permite su visibilidad.

Finalmente se escogió un sistema de revisión continua, ya que según las características de nuestro producto el método de revisión continua, es el más conveniente en cuanto a costos y facilidad de revisión. A diferencia del sistema de revisión periódica que se caracteriza por mantener niveles elevados de inventario.

Política de inventario

Considerando que se va a utilizar un sistema de revisión continua, se optó por seleccionar la política (s, Q) debido a que es sencillo implementarlo y además su control para realizar los pedidos es menos susceptible a errores, ya que, con esta política siempre tiene que pedir una cantidad Q fija a diferencia de la política (s, S) que la cantidad Q a pedir es variable ya que depende de un punto de re-orden y un nivel máximo de pedido. Otra ventaja es que en la política (s, Q) es muy fácil de comprender su funcionamiento y no requiere un grado de estudio avanzado, debido a que, utiliza un sistema de dos contenedores donde uno contiene las unidades que indica el punto de re-orden y el otro contiene la cantidad Q fija a pedir. Mientras que la política (s, S) requiere mayor esfuerzo computacional para lograr una política (s, S) eficiente.

2.3.3. Presentación del modelo seleccionado

En esta sección se muestra todas las ecuaciones y expresiones matemáticas usadas por los modelos tanto de revisión continua y revisión periódica, así como los supuestos de los mismos.

Ecuaciones para modelo de revisión continua (s, Q) :

- Expresión matemática de la distribución de la demanda

$$X \sim \text{Poisson}(\lambda)$$

- Función de densidad

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad 0 \leq x < \infty \quad (1)$$

- Expresión de Q modelo EOQ básico

$$Q = \sqrt{\frac{2 * d * K}{h}} \quad (2)$$

- Expresiones matemáticas de la disponibilidad relacionadas con el nivel de servicio.

$$s = X^{\wedge}_L + SS \quad (3)$$

$$SS = K\sigma^{\wedge}_L \quad (4)$$

- Expresión matemática del factor de seguridad K relacionada al nivel de servicio para ítems tipo A y de lento movimiento.

Para $X^{\wedge}_L < 10$ unidades (Laplace Errors)

$$K = \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \left[\frac{D * (TBS)}{2 * Q} \right] \quad (5)$$

Supuestos del modelo de revisión continua (s, Q):

- Cada aplicación se refiere a un solo producto.
- El nivel de inventario está bajo revisión continua, por lo que su valor actual se conoce.
- Las únicas decisiones que deben tomarse son las selecciones de s y Q .
- Existe un tiempo de entrega entre la colocación de una orden y la recepción de la cantidad ordenada, el cual puede ser fijo o variable.
- La demanda para retirar unidades del inventario y venderlas (o usarlas de otro modo) durante este tiempo de entrega es incierta. Sin embargo, se conoce (o se puede estimar) la distribución de probabilidad de la demanda.
- Se incurre en costo fijo de preparación (denotado por K) cada vez que se coloca una orden.
- Los productos se producen o se compran en lotes.

- Excepto por este costo fijo, el costo de la orden es proporcional a la cantidad Q .
- Se incurre en un costo de mantener (denotado por h) por cada unidad en inventario por unidad de tiempo.
- No existen descuentos por la cantidad pedida.
- Es un ítem clasificado como tipo A por su costo monetario.
- La demanda dentro de lead time (1 día) sigue una distribución de probabilidad Poisson.

Ecuaciones del modelo de revisión periódica (R, S):

- Formula del CSL con demanda perdida

$$CSL^* = 1 - \frac{HQ}{HQ + DC_u} \quad (6)$$

- Formula del factor de seguridad

$$K = F^{-1}_S(CSL) \quad (7)$$

- Formula del stock de seguridad

$$SS = F^{-1}_S(CSL) * \sigma^{\wedge}_{R+L} \quad (8)$$

$$SS = \text{NORMSINV}(CSL) * \sigma^{\wedge}_{R+L}$$

- Fórmula para calcular el nivel máximo

$$S = X^{\wedge}_{R+L} + SS \quad (9)$$

Supuestos para el modelo de revisión periódica (R, S):

- Toda la demanda durante un agotamiento de inventario se pierde.
- El ítem es almacenado de forma continua(es no perecible).
- La distribución de probabilidad de la demanda sigue una distribución normal.

2.3.4. Prueba y ajuste del modelo seleccionado

En esta sección se encontrara una descripción del procedimiento que se seguirá para ajustar la política de inventario de revisión continua ya que se determinó que era la más adecuada según las características antes mencionadas del fármaco Albúmina, además de mostrar los indicadores que se va a utilizar para medir su desempeño.

Procedimiento:

1. Se obtuvo los cálculos de cada una de las políticas, en este caso la del modelo de revisión continua (s, Q) y además la del modelo de revisión periódica (R, S) la cual fue desarrollada bajo pedido expreso de la gerencia del hospital.
2. Se realizó la comparación entre el modelo (s, Q) y modelo (R, S) en base a los indicadores como; costo y nivel de inventario promedio mantenido por cada uno de los modelos. Donde se obtuvo que el modelo de revisión continua (s, Q) es más eficiente.
3. Se observó que los resultados analíticos del modelo (s, Q) no eran tan eficientes como para poder disminuir el 6% de faltantes existentes en el año 2015, debido a que el modelo no consideraba restricciones que mantienen en sus operaciones la farmacia del hospital (no poder realizar ordenes de compras los días sábados y domingos).
4. Se realizó la inclusión de las restricciones antes mencionadas al modelo (s, Q) mediante el uso de la simulación, donde se logró definir que para cumplir con los objetivos planteados en nuestro proyecto teníamos que utilizar 2 puntos de re-orden es decir, PR1 para los días lunes a jueves y PR2 solo los días viernes todo con el objetivo de amortiguar la demanda esos dos días. Ahora se preguntara ¿porque no se elevó la cantidad Q fija a pedir? y es porque al elevarla se aumenta los costo de pedido y además se pudo observar mediante la simulación que al aumentar Q no se logra resultados tan eficientes con respecto a manejar 2 puntos de re-orden.

Modelo matemático para predecir las ventas semanales de la albumina.

Modelo de regresión lineal

Se realiza un modelo de regresión lineal para predecir la demanda semanal futura que tendrá la Albumina, y con esto logramos de manera implícita predecir las variaciones de la demanda, cuando se sabe que existe una relación entre diversas variables independientes (predictoras o explicativas) y otra variable dependiente (respuesta).

Requisitos y limitaciones

- Linealidad

Se supone que la variable de respuesta depende linealmente de las variables explicativas. Si la respuesta no aparenta ser lineal, se debe introducir en el modelo componentes no lineales.

- Normalidad e independencia de los residuos

Se requiere que los residuos se distribuyan de modo normal y con la misma dispersión para cada combinación de valores de las variables independientes.

- Colinealidad

Si dos variables están estrechamente relacionadas y ambas son incluidas en un modelo, muy posiblemente ninguna de las dos sea considerada significativa.

Justificación de la selección del método de regresión lineal.

El hospital mantiene datos históricos sobre la demanda de la albumina por lo que se puede utilizar los métodos cuantitativos para predecir la demanda futura.

El primer método es el causal que mira los factores que afectan la demanda para poder pronosticarla; en el segundo método de serie de tiempo, se puede observar si existe un patrón en la demanda para poder predecir la demanda futura. Finalmente, el tercer método que es el cualitativo, de hecho, sería muy útil en caso de ser un ítem nuevo o no se posee información alguna.

Lo descrito anteriormente, permitió realizar la selección del método de regresión lineal debido a que la gráfica de la serie de tiempo analizada presenta unos picos y no sigue ningún tipo de patrón, por lo cual, se descarta utilizar un método de serie de tiempo.

Presentación del modelo

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n \quad (10)$$

Suposiciones tomadas para el modelo de pronóstico:

Los datos de la demanda ingresados al modelo de pronóstico se escogen con una semana de anterioridad, con el fin de que el modelo pueda pronosticar la demanda futura; A su vez se analizaron los posibles factores que podían impactar a la demanda considerando la data histórica del año 2015, debido a que no existe información de los pacientes en años anteriores. Se determina qué factores impactan significativamente a la demanda, se realiza tres corridas con diversos factores, tales como edad, frecuencia por tipo de patología, factores ambientales como lluvias, épocas festivas, tiempo de hospitalización, número de pacientes hospitalizados en UCI en la semana entre otros mediante la prueba del modelo de pronóstico se logró concluir que algunos de los factores antes mencionados no afectaban significativamente a la demanda, por tal motivo, fueron descartados. Además se logró establecer que de los tres factores finales, su relación multiplicativa capta en un 82% de la demanda. Los tres factores finales son: Número de pacientes en sala UCI dentro de una semana; Para lo cual se tomaron los registros de fechas de ingreso y de salida de los pacientes con lo cual se contrasta en una misma semana cuantos pacientes estuvieron internados, tiempo de hospitalización promedio diario dentro de una semana; Aquí se toma los días de hospitalización y se genera el promedio en días de todos los pacientes de UCI en un mismo día, y demanda diaria dentro de una semana; los mismos pacientes internados en UCI al mismo tiempo se suma la demanda generada por cada uno de ellos.

Prueba y ajuste del modelo

Para poder medir el desempeño del modelo de pronósticos se utilizará cinco tipos de medidas de error los cuales son:

MAPE (Error porcentual absoluto medio) quien me dará la exactitud de mis datos como un porcentaje de error.

MAD (Desviación absoluta media) quien expresa la exactitud de mis datos en las mismas unidades.

MSD (Desviación cuadrática media) muestra la exactitud de los datos ajustados de las series de tiempo, aquí los valores atípicos son penalizados con mayor rigurosidad que en el MAD.

MSE (Media cuadrado del error) el cual servirá para comparar la precisión entre diferentes métodos o criterios de pronóstico y seleccionar aquel con menor MSE.

TS (Señal de rastreo) el cual permitirá medir la desviación del pronóstico respecto a las variaciones de la demanda. También se puede interpretarlo como el número de MAD que el pronóstico esta sobre o bajo la demanda. La señal de seguimiento debe estar dentro de los siguientes límites de aceptación $-6 \leq TS \leq 6$.

3. Control y actualización

Se realizará un procedimiento, en el cual se detalla paso a paso cómo se debe recolectar los datos e ingresarlos en el modelo de inventario para su correcta aplicación (VER ANEXO 8).

Se efectuará un procedimiento, donde se detalle cómo se debe obtener e ingresar los datos en el modelo de pronóstico para su correcta aplicación y control (VER ANEXO 9).

CAPÍTULO 3

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la siguiente sección se muestra los resultados de las políticas de inventario revisión continua (s, Q) , modelo de revisión periódica (R, S) y la ecuación del modelo de pronósticos. Además se puede ver los resultados del modelo (s, Q) mejorado en base a la simulación, así como comparación de las políticas en base a indicadores.

Mientras que para el modelo de pronósticos se muestra los indicadores de error utilizados para evaluar el mismo y verificar que estén dentro de los límites permisibles.

4.1. Modelo de revisión continua (s, Q)

4.1.1. Resultados analíticos de la política revisión continua (s, Q) .

Tabla 15 Resultados de la política (s, Q)

Política (s, Q)	
Punto de re-orden (s)	Cantidad a pedir (Q)
8 unidades	54 unidades

Se obtuvo de forma analítica que el punto de re-orden es igual a 8 unidades y una cantidad fija a pedir Q igual a 54 unidades.

4.2. Modelo de revisión periódica (R, S)

4.2.1. Resultados analíticos de la política revisión periódica (R, S) .

Tabla 16 Resultados de la política (R, S)

Política (R, S)	
Tiempo de revisión del inventario R	Nivel máximo de inventario (S)
14 días	108

Hay que aclarar que se desarrolló la política de revisión periódica (R, S) bajo un pedido expreso de la gerencia del hospital. Donde ellos definieron cada que tiempo se van a realizar las revisiones del inventario que en este caso es $R=14$ días y se obtuvo un nivel máximo de inventario (S) igual a 108 unidades.

4.3. Comparación de la política (s, Q) y (R, S).

4.3.1. Comparación analítica de las políticas (s, Q) y (R, S).

Como se puede ver en la política de revisión periódica (R, S), el nivel máximo de inventario es 108 unidades lo cual representa la cantidad de \$ 5.184,00 de inversión cada 2 semanas, mientras que en la política de revisión continua (s, Q) el nivel máximo de inventario es 62 unidades lo cual representa \$ 2.976,00 cada vez que el inventario llegue a su punto de re-orden de 8 unidades. Analizando desde la perspectiva de inversión es más eficiente la política de revisión continua ya que no mantiene mucho inventario en bodega y puede hacer uso de ese dinero en otros medicamentos de igual importancia.

En cambio si se la ve desde la perspectiva de desabastecimiento, la política de revisión continua (s, Q) no cumple con los objetivos planteados ya que solo se logra reducir en un 2,5% el porcentaje de faltantes con respecto al año 2015, mientras que la política de revisión periódica (R, S) es mucho más eficiente ya que se logra disminuir el 6% en promedio mensual de faltantes.

Finalmente se concluyó que pesar de que con la política de revisión periódica cumple con los objetivos planteados en el proyecto, no quiere decir que es la más eficiente por tal motivo vamos a realizar la inclusión de restricciones al modelo de revisión continua para ver si se logra una política mucho más eficiente que la política de revisión periódica.

4.4. Mejoramiento de la solución (con simulación).

4.4.1. Resultados de la política (s, Q) con simulación.

Tabla 17 Resultados de la política (s, Q) con simulación

Política (s, Q) con simulación		
Punto de re-orden 1	Punto de re- orden 2	Cantidad a pedir (Q)
13 unidades	26 unidades	54 unidades

Esta política de revisión continua (s, Q) se definió en base a la simulación, ya que se observó en la simulación que los fines de semana la farmacia del hospital se queda sin stock. Por tal motivo para poder cubrir esos días de desabastecimiento decidimos utilizar 2 puntos de re-orden el primero $PR1=13$ unidades manejable dentro de los días lunes a jueves, y $PR2=26$ unidades exclusivamente para el día viernes, con el objetivo de generar un pedido el día viernes y tener inventario para cubrir el fin de semana. (VER ANEXO TABLA 25 Y 26).

4.5. Comparación mediante indicadores.

4.5.1. Comparación de la política (s, Q) mediante indicadores.

Tabla 18 Comparación de la política (s, Q) mediante indicadores

Indicadores	Situación inicial(Sin política)	Política original (s, Q) .	Política (s, Q) optimizada con simulación
Cantidad de faltantes(Unidades)	63	48	0
Porcentaje de la cantidad de faltantes (%)		75%	0%
Costo por faltantes(\$)	302,40	190,00	0

En la tabla 18 se muestra tres situaciones la inicial que es la que manejaba la farmacia del hospital para realizar sus compras, la segunda es la política original sin la inclusión de las restricciones antes mencionadas y la tercera es la política optimizada con la simulación a la cual se incluyeron las restricciones. Donde se observó que se logra reducir el 6% de faltantes

cumpliendo los objetivos del proyecto y además es mucho más eficiente que la política de revisión periódica (R, S), ya que mantiene niveles de inventario bajos.

4.6. Resultados del modelo de pronóstico

$\text{Demanda}(\text{semanas}) = 7,127 + (0,983 * \text{factor relacionado})$

A continuación se presenta la ecuación del modelo de pronóstico, con la cual se podrá estimar la demanda de una semana en el futuro. Donde para poder evaluar sus resultados se debe hacer uso de medidas de error como el MAD y el Tracking Signal (TS) con los cuales sabremos que tan buenos son las predicciones de la demanda semanal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Durante el diseño del modelo de inventario y pronóstico se lograron obtener las siguientes conclusiones:

1. Se logró la reducción del 6% de faltantes en promedio mensual con respecto al año 2015.
2. Se determinó que para el manejo del fármaco Albúmina en el hospital León Becerra la política de revisión periódica es menos eficiente que la política de revisión continua, ya que la política de revisión periódica mantiene niveles altos de inventario lo cual representa costos de ordenar y mantener elevados.
3. Para el manejo de la política desarrollada para el fármaco Albúmina se debe realizar una orden de compra de una cantidad de $Q=54$ unidades cada vez que $R1 =13$ unidades y además este entre el intervalo de días de lunes a jueves, mientras que para el día viernes pedir $Q=54$ unidades si y solo si $R2=26$ unidades.
4. Se determinó que los factores que afectan la demanda semanal de la albumina son; número de pacientes hospitalizados en la sala de UCI dentro de una semana, Tiempo de hospitalización promedio diario dentro de una semana y la demanda diaria dentro de una semana.
5. La fórmula que predice la demanda semanal es:

$$\text{Demanda}(\text{semanas}) = 7,127 + (0,983 * \text{factor multiplicado})$$

Donde el factor multiplicado es la multiplicación de tres factores, los cuales fueron mencionados en la parte de suposiciones del modelo pág. 53.

RECOMENDACIONES

1. Con el objeto de evitar errores y facilitar las actividades por parte del personal que va a manejar la política de inventario, debe considerarse realizar la implementación de la misma en el sistema informático que maneja actualmente la farmacia del hospital, para lo cual será necesario realizar la socialización de los procedimientos al personal del área de sistemas y demás involucrados.
2. Para utilizar el modelo de pronóstico será necesario que toda la información requerida para alimentar al modelo, sea facilitada por el personal de sistemas a manera de informe y de ser factible implementarlo en el sistema que maneja farmacia.
3. Se debe implementar un método para controlar que la Albúmina sea suministrada a los pacientes en la cantidad necesaria, evitando guardar frascos de Albúmina en el refrigerador de la sala de UCI.
4. Se debe considerar la opción de asignarle un presupuesto al área de farmacia para realizar las compras del fármaco con el fin de evitar pérdidas de las ventas.

Bibliografía

- [1] Ronald H. Ballou, Logística “Administración de la Cadena de Suministro”, Quinta Edición. México, PEARSON EDUCACIÓN, 2004, p. 326-345.
- [2] Rein Peterson, Edward A. Silver, Decision Systems for Inventory Management and Production Planning, 3rd edition. New York: John Wiley and Sons (WIE), p. 65- 98.
- [3] Donald Waters, Inventory control and Management, second edition. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2003, p. 229-266.
- [4] Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman, Introducción a la Investigación de Operaciones, Novena Edición, McGraw-Hill/interamericana editores, México, D.F., 2010.
- [5] [1] Innovando.net, (2012, octubre 10). ASESORÍA Y CONSULTORÍA EN INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y PROYECTOS [online]. Disponible en:
<http://innovando.net/que-es-el-sipoc/>
- [6] J. Collignon y J. Vermorel. (2012, Febrero 01). [Online]. Disponible en:
[https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-\(inventario\)](https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-(inventario))
- [7] C. J. Vidal. (2005, Agosto 01). Capítulo 5. Control de inventarios con demanda probabilística [Online]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332572/ARCHIVOS-2013/2013-1/FUNDAMENTOS_DE_GESTION_DE_INVENTARIOS.
- [8] A. L. Webster. (1998, Enero 01). Unidad 9 Técnicas de suavización [Online]. Disponible en: <http://renanquispellanos.com/recursos/Aporte%20Intelectual/Tecnicas%20Prediccion/12.unidad9.pdf>

ANEXOS

Ilustración 28 Proceso de administración de la Albúmina

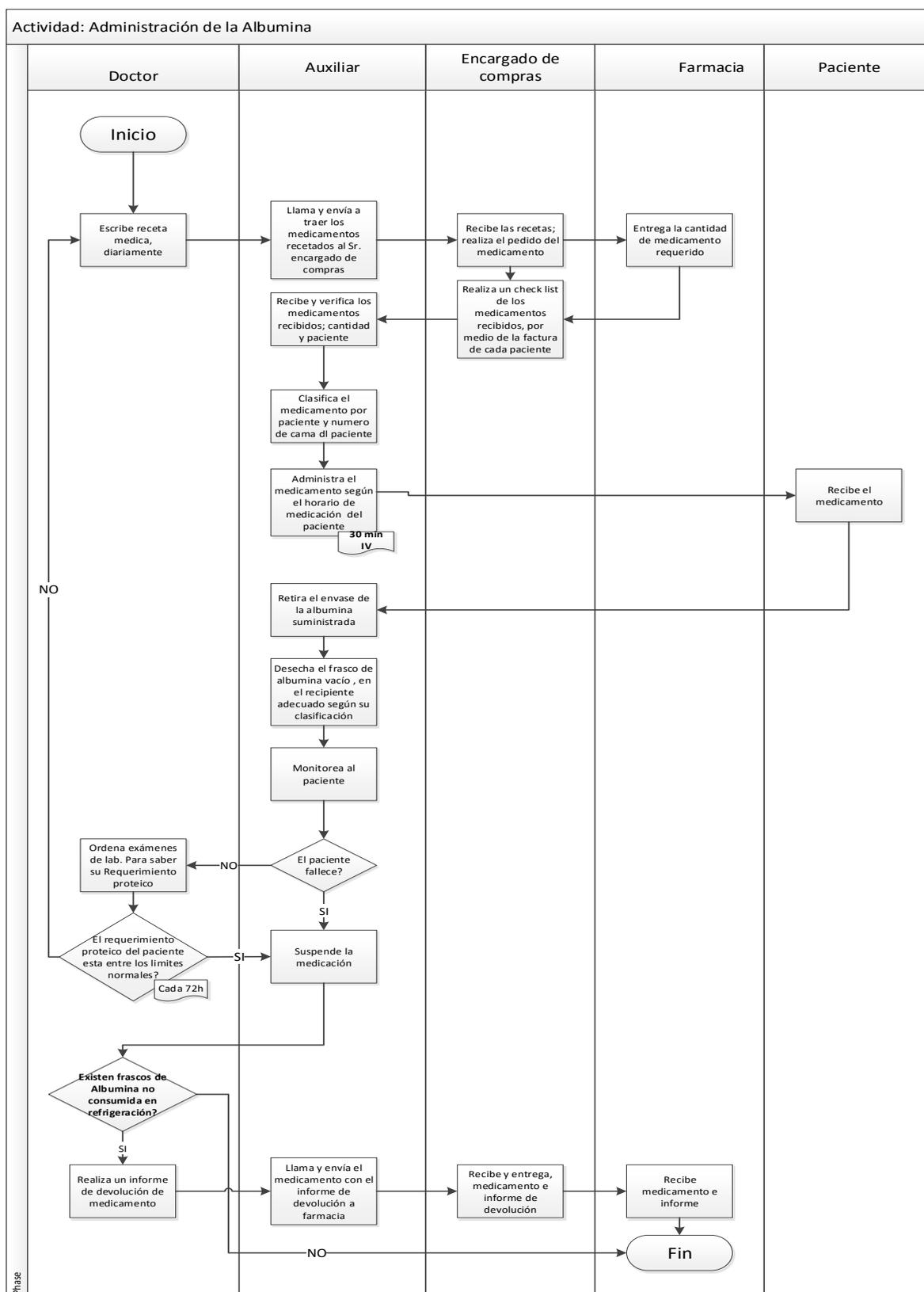


Ilustración 29 Proceso de compra y recepción de la Albúmina

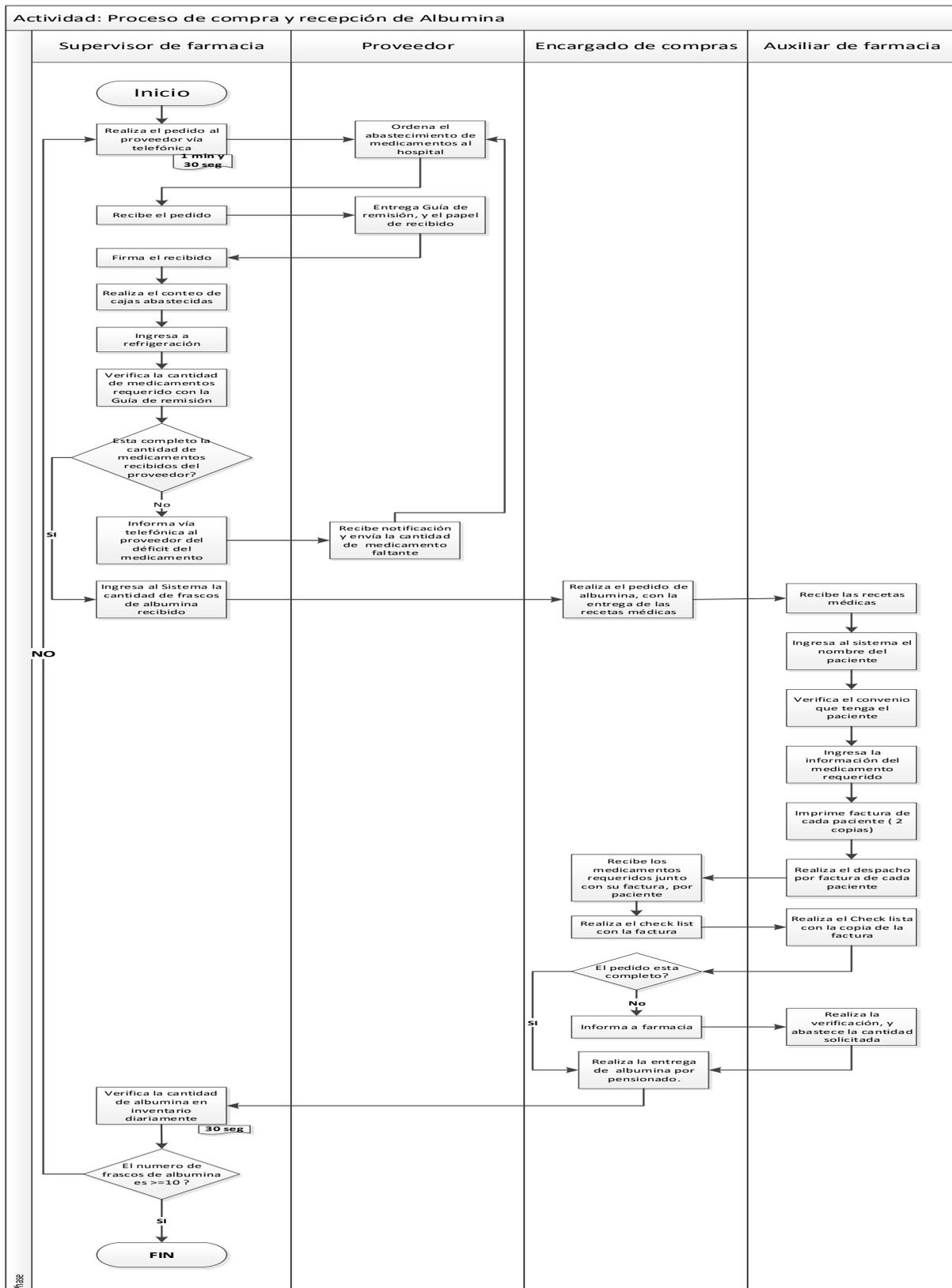


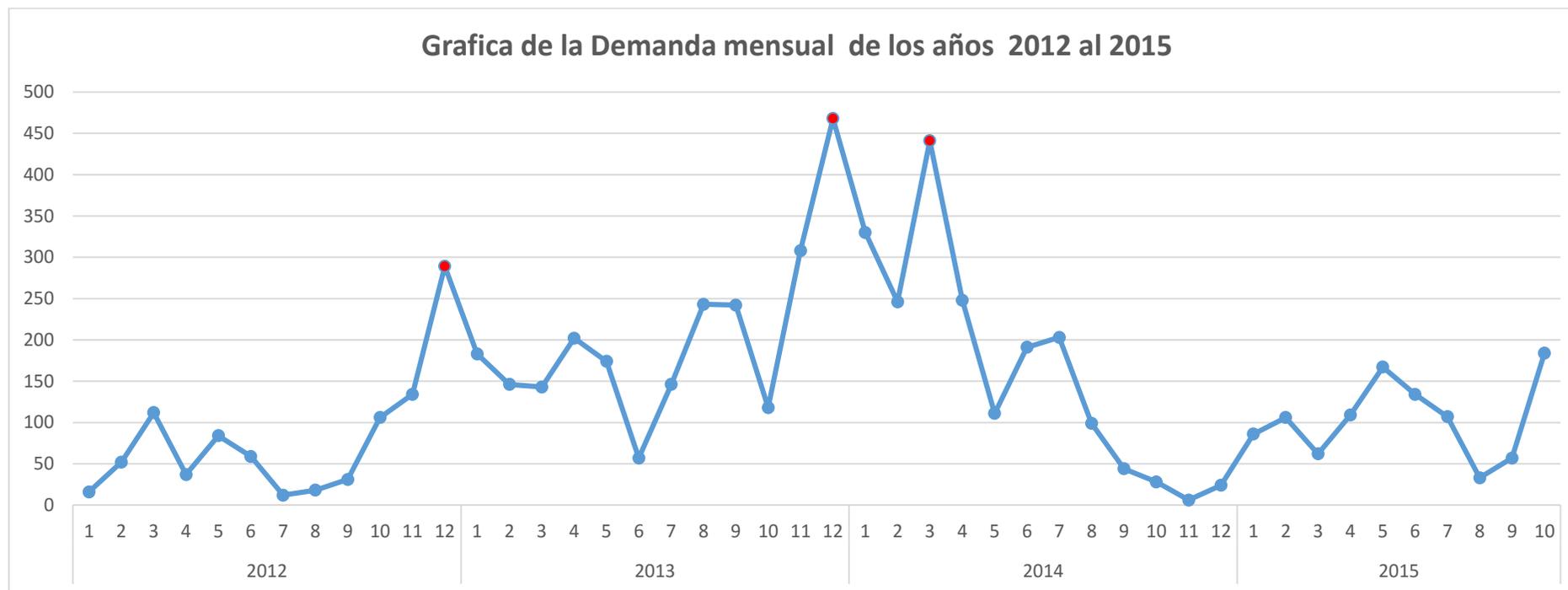
Tabla 19 SIPOC del Fármaco Albúmina

S	I	P	O	C
Jefa de Farmacia	Teléfono y papel de productos faltantes.	Se genera la orden de compra	Llamada telefónica	DIFARE S.A.
DIFARE S.A.	Frascos de Albumina 50ml, Guía de remisión y facturas.	Recepción del producto	Firma de recepción del pedido.	Área de farmacia
Personal de farmacia	Frascos de Albumina 50ml	Almacenar producto	Aumento de stock en el sistema y espacio ocupado.	Refrigerador
Doctor y personas particulares	Recetas medicas	Recepción de pedidos de clientes.	Búsqueda y descargo del stock en el sistema.	Pacientes Hospitalizados en UCI, otros pensionados y personas particulares.
Personal de farmacia	Recetas médicas, Frascos de albumina 50ml.	Entrega del producto	Frascos de Albumina (50ml), facturas y notas de entrega.	Pacientes Hospitalizados en UCI, otros pensionados y personas particulares.
Enfermeras y área de laboratorio	Frascos de Albumina 50ml, resultados de exámenes médicos y hoja de prescripción del médico.	Administración de albumina a pacientes	Frascos vacíos de albumina	Pacientes Hospitalizados en UCI, otros pensionados.

Tabla 20 Producto de rápido o lento movimiento

Día	Demanda dentro del lead time	Día	Demanda dentro del lead time	Día	Demanda dentro del lead time
1	2	36	5	71	1
2	0	37	1	72	1
3	0	38	1	73	1
4	1	39	0	74	1
5	1	40	1	75	1
6	1	41	2	76	0
7	0	42	3	77	0
8	0	43	1	78	0
9	3	44	2	79	2
10	3	45	2	80	2
11	0	46	2	81	0
12	0	47	2	82	0
13	0	48	2	83	0
14	0	49	4	84	0
15	3	50	5	85	0
16	0	51	5	86	6
17	13	52	0	87	3
18	9	53	4	88	2
19	4	54	7	89	4
20	5	55	5	90	6
21	8	56	13	<i>XL</i>	2,87
22	6	57	10		
23	6	58	5		
24	6	59	2		
25	3	60	4		
26	9	61	1		
27	0	62	1		
28	0	63	9		
29	0	64	3		
30	3	65	7		
31	0	66	7		
32	0	67	0		
33	9	68	0		
34	9	69	0		
35	8	70	0		

Ilustración 30 Demanda mensual de los años 2012 al 2015



En la gráfica se observa que los datos de la demanda mensual no siguen ningún patrón definido realizando la comparación de un año a otro, donde se tiene que la media es igual a 139,04 unidades y una demanda mínima es de 6 unidades el cual se dio en el mes 11 del año 2014.

Tabla 21 Demanda aproximadamente constante o cambiante en el tiempo.

Semana	Demanda Promedio	Varianza	Coficiente de variación
1	0,71	0,57	1,12
2	0,86	2,14	2,92
3	2,47	1,01	0,17
4	2,31	1,40	0,26
5	2,23	1,69	0,34
6	1,44	0,78	0,37
7	1,88	0,13	0,04
8	2,29	1,47	0,28
9	1,88	0,74	0,21
10	1,89	3,36	0,94
11	0,71	0,24	0,47
12	0,57	0,95	2,92
13	2,00	0,67	0,17
14	2,42	0,70	0,12
15	2,00	0,38	0,09
16	1,80	0,40	0,12
17	1,13	0,70	0,55
18	3,18	2,16	0,21
19	3,20	2,84	0,28
20	3,33	1,38	0,12
21	2,36	0,55	0,10
22	2,46	1,77	0,29
23	3,57	2,62	0,21
24	2,88	1,32	0,16
25	2,30	1,79	0,34
26	2,38	1,09	0,19
27	2,00	0,33	0,08
28	1,85	1,81	0,53
29	2,19	0,56	0,12
30	2,23	2,19	0,44
31	0,57	0,95	2,92
32	0,57	0,95	2,92
33	0,14	0,14	7,00
34	1,50	1,00	0,44
35	1,00	2,57	2,57
36	0,00	0,00	0,00
37	1,22	0,44	0,30
38	1,50	0,26	0,12
39	1,50	0,53	0,24
40	1,93	0,64	0,17
41	2,78	0,27	0,03
42	2,41	0,26	0,04
43	2,50	0,88	0,14
44	1,88	0,41	0,12

Ilustración 31 Diagrama Causa- Efecto

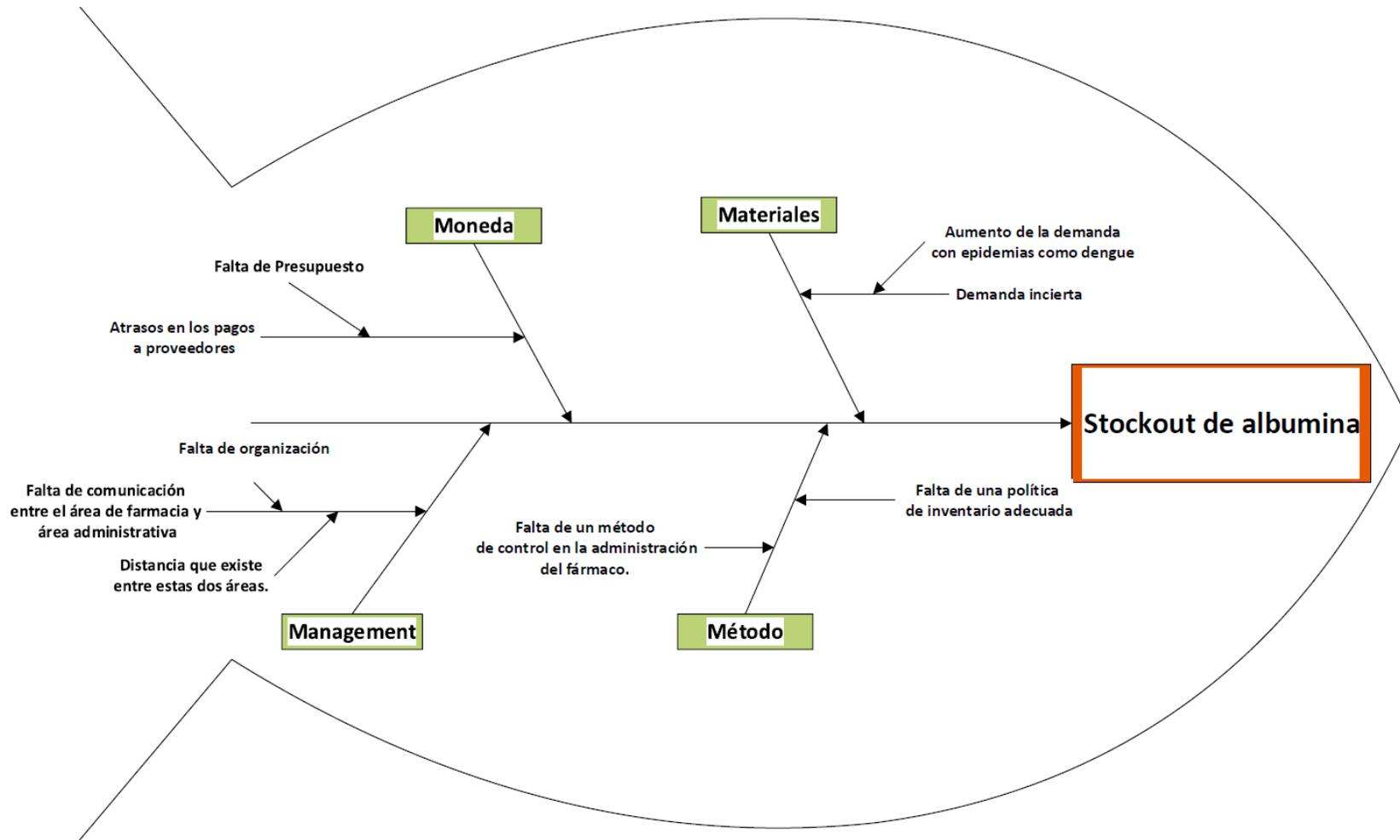


Tabla 22 Datos de la demanda agrupados
cada 15 días

Datos año 2015 para la revisión periódica.	
<i>Cada 15 días</i>	<i>Demanda</i>
1	14
2	72
3	46
4	64
5	36
6	26
7	85
8	28
9	82
10	85
11	73
12	61
13	43
14	64
15	9
16	26
17	7
18	50
19	125
20	91
21	61
22	32

Tabla 23 Factores para el modelo de pronóstico

Semana	Total de pacientes que consumen albumina	Tiempo de hospitalización promedio diario	Demanda diaria	Factor relacionado
2				
3	3	0,90	0,86	2,33
7	6	0,88	1,86	9,82
8	7	0,67	2,14	10,10
11	4	0,54	2,43	5,20
13	4	0,89	0,57	2,04
14	7	0,84	3,71	21,76
15	7	0,92	6,57	42,24
17	3	0,86	2,57	6,61
18	3	0,52	1,29	2,02
19	5	0,94	5,00	23,57
20	4	0,79	4,57	14,37
21	7	0,73	7,14	36,73
22	7	0,88	4,71	28,96
23	6	0,69	4,57	18,94
24	6	0,60	3,57	12,76
25	8	0,73	6,57	38,49
26	7	0,67	3,29	15,49
28	3	0,76	2,00	4,57
29	8	0,80	3,43	22,04
30	12	0,87	5,00	52,14
31	9	0,63	4,14	23,67
32	5	0,69	0,57	1,96
33	3	1,00	0,57	1,71
36	3	0,71	1,14	2,45
37	5	0,57	0,00	0,00
38	5	1,00	1,57	7,86
41	6	1,00	8,00	48,00
42	6	0,83	9,14	45,71
43	4	0,89	5,86	20,92

Tabla 24 Cálculo de error de la demanda semanal pronosticada

SEMANA	DEMANDA ACTUAL SEMANAL	PRONOSTICO DEMANDA REAL SEMANAL	ERROR	VALOR ABSOLUTO ERROR	MAD(MEAN ABSOLUTE DEVIATION)	ERROR CUADRATICO	MSE(MEAN SQUARED ERROR)	PORCENTAJE ABSOLUTO DEL ERROR	MAPE(MEAN ABSOLUTE PERCENT ERROR)	TS(TRACKING SIGNAL)
3	6	9	3	3	3,41	11,65	11,65	57%	57%	1,0
7	13	17	4	4	3,59	14,22	12,94	29%	43%	2,0
8	15	17	2	2	3,08	4,21	10,03	14%	33%	3,0
11	17	12	-5	5	3,50	22,66	13,19	28%	32%	1,3
13	4	9	5	5	3,83	26,34	15,82	128%	51%	2,5
14	26	29	3	3	3,61	6,25	14,22	10%	44%	3,4
15	46	49	3	3	3,47	6,92	13,18	6%	39%	4,3
17	18	14	-4	4	3,58	19,15	13,93	24%	37%	2,9
18	9	9	0	0	3,19	0,01	12,38	1%	33%	3,3
19	35	30	-5	5	3,35	22,23	13,37	13%	31%	1,7
20	32	21	-11	11	4,02	115,72	22,67	34%	31%	-1,2
21	50	43	-7	7	4,25	46,00	24,61	14%	30%	-2,8
22	33	36	3	3	4,12	6,65	23,23	8%	28%	-2,2
23	32	26	-6	6	4,27	39,26	24,38	20%	27%	-3,6
24	25	20	-5	5	4,35	28,53	24,65	21%	27%	-4,8
25	46	45	-1	1	4,14	1,12	23,18	2%	26%	-5,3
26	23	22	-1	1	3,94	0,43	21,84	3%	24%	-5,7
28	14	12	-2	2	3,85	5,67	20,95	17%	24%	-6,5
29	24	29	5	5	3,90	22,86	21,05	20%	24%	-5,2
30	35	58	23	23	4,87	545,48	47,27	67%	26%	0,7
31	29	30	1	1	4,71	1,92	45,11	5%	25%	1,0
32	4	9	5	5	4,72	25,53	44,22	126%	29%	2,0
33	4	9	5	5	4,72	23,15	43,30	120%	33%	3,1
36	8	10	2	2	4,59	2,35	41,60	19%	33%	3,5
37	1	7	6	6	4,65	37,55	41,43	613%	56%	4,8
38	11	15	4	4	4,62	14,80	40,41	35%	55%	5,6
41	56	54	-2	2	4,51	2,94	39,02	3%	53%	5,4
42	64	52	-12	12	4,78	143,05	42,74	19%	52%	2,6
43	41	28	-13	13	5,07	177,45	47,38	32%	51%	-0,2

ANEXO 8: PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR LA POLITICA DE INVENTARIO

PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR POLITICA DE INVENTARIO.		 HOSPITAL LEÓN BECERRA DE GUAYAQUIL <small>BENEMÉRITA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA</small>
NOMBRE DE LA ENTIDAD: Hospital León Becerra De Guayaquil	VERSION DEL DOCUMENTO:	
DEPARTAMENTO/SITIO: Bolivia Entre Eloy Alfaro Y Chile	FECHA DE EXPEDICION/REVISION: 05/02/2016	
ACTUALIZADO POR:	N° DE PROCEDIMIENTO:	
APROBADO POR:	PAGINA 1 DE 2	

INDICE:

1. OBJETIVO.
2. ALCANCE.
3. RESPONSABILIDADES.
4. PROCEDIMIENTO.

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos y responsabilidades para el manejo de la política de inventario implementada para el área de FARMACIAS, obteniendo condiciones óptimas para el pedido, almacenamiento y mantenimiento del producto.

2. ALCANCE

Aplica al proceso de recolección de data confiable con el fin que la política funcione en concordancia con lo establecido.

3. RESPONSABILIDADES

Coordinadora De Farmacia Deberá administrar la política con los datos requeridos por la misma, y deberá tener el criterio para definir los eventos claves dentro de la misma.

El Asistente de Farmacia Proveerá de todos los datos requeridos por la política; en el momento indicado.

4. PROCEDIMIENTO.

El asistente de bodega llevará a cabo la recolección de la data que alimentara la política; Por consiguiente deberá realizar el conteo físico de los frascos de albumina todas las mañanas al iniciar su jornada de lunes a viernes; Luego según la práctica para disminuir los días de medir el inventario se recomienda realizarlo cada 7 días después de la última toma.

Una vez tomada la data del inventario por parte del asistente, el Coordinador recepta dicha información, Con la cual ingresara las existencias físicas y llevara el control de cuando realizar el pedido y cuánto; En el cuándo tiene dos caminos:

De lunes a jueves.

- Si el stock es igual o está por debajo del punto de re-orden que es 13 unidades, en este caso se manda a pedir la cantidad $Q=54$.
- Y dos cuando el stock está por encima del punto de re-orden que es 13 unidades no se genera ninguna orden de compra.

Los viernes.

- Si el stock es igual o está por debajo del punto de re-orden que es 26 unidades, en este caso se manda a pedir la cantidad $Q=54$.
- Y dos cuando el stock está por encima del punto de re-orden que es 26 unidades no se genera ninguna orden de compra.

ANEXO 9: PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR EL MODELO DE PRONOSTICO.

PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR EL MODELO DE PRONÓSTICO		 HOSPITAL LEÓN BECERRA DE GUAYAQUIL <small>BENEMÉRITA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA</small>
NOMBRE DE LA ENTIDAD: Hospital León Becerra De Guayaquil	VERSION DEL DOCUMENTO:	
DEPARTAMENTO/SITIO: Bolivia Entre Eloy Alfaro Y Chile	FECHA DE EXPEDICION/REVISION: 05/02/2016	
ACTUALIZADO POR:	N° DE PROCEDIMIENTO:	
APROBADO POR:	PAGINA 1 DE 3	

INDICE:

1. OBJETIVO.
2. ALCANCE.
3. RESPONSABILIDADES.
4. PROCEDIMIENTO.

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos y responsabilidades para el buen manejo del modelo de pronóstico de la demanda que capta el área de FARMACIAS, con el fin de mantener un stock de inventario óptimo por medio del pronosticado.

2. ALCANCE

Aplica al proceso de alimentar el modelo de pronóstico con los factores indicados en el procedimiento.

3. RESPONSABILIDADES

Coordinadora De Farmacia Deberá alimentar el modelo de pronóstico con los factores requeridos por la misma, y deberá tener el criterio para definir los eventos claves dentro del modelo.

El Asistente de Farmacia Recolectara y Proveerá de todos los factores requeridos por el modelo; en el momento indicado con la información adecuada.

4. PROCEDIMIENTO.

El asistente de farmacia llevara a cabo la recolección de los factores que alimentaran el modelo; Para lograr su objetivo deberá recolectar semanalmente de prioridad los viernes en la mañana los factores a continuación detallados.

- Pacientes UCI: Se tomara el número de pacientes internados en la semana a analizar.
- Tiempo de hospitalización: Se procede a verificar la cantidad de días que los pacientes (del punto anterior), se encuentran o encontraron hospitalizados por paciente dentro de la semana a analizar.
- Demanda semanales: Se levanta la información de la cantidad demandada en la semana a analizar.

Una vez tomado los factores por parte de la asistente, el Coordinador receipta dicha información, con la cual ingresara los factores en el modelo de pronóstico previamente establecido, antes de ingresarlo debe manipular dos de los tres factores llevándolos ah.

- Tiempo de hospitalización promedio diario: Se procede a sumar la cantidad de días hospitalizados, luego a dividir para el número de pacientes en esa misma semana que por default es la cantidad de pacientes en el punto PACIENTES UCI y se culmina dividiendo para 7 que es la cantidad de días dentro de la semana.
- Demanda diaria: Se procede a dividir la demanda para 7 que es la cantidad de días dentro de la semana.
- Se ingresa el factor relacionado a estos tres la cual consiste en multiplicar los 3 factores.
- Como último punto obtenemos la demanda pronosticada para la siguiente semana con la siguiente ecuación.

$$Y(\text{semanas}) = 7,127 + (0,983 * \text{factorrelacionado})$$

Tabla 25 Tabla de simulación política (s, Q)

TABLA DE SIMULACION								
DIAS	DIA(CLOCK)	DIA DENTRO DEL CICLO	INVENTARIO INICIAL	DEMANDA	INVENTARIO FINAL	CANTIDAD A PEDIR(Q)	LEAD TIME	FALTANTES
LUNES	1	1	10	4	6	54	-	0
MARTES	2	2	60	3	57	0	-	0
MIÉRCOLES	3	2	57	3	54	0	-	0
JUEVES	4	2	54	5	49	0	-	0
VIERNES	5	2	49	5	44	0	-	0
SÁBADO	6	2	44	3	41	0	-	0
DOMINGO	7	2	41	1	40	0	-	0
LUNES	8	2	40	5	35	0	-	0
MARTES	9	2	35	9	26	0	-	0
MIÉRCOLES	10	2	26	8	18	0	-	0
JUEVES	11	2	18	1	17	0	-	0
VIERNES	12	2	17	4	13	54	-	0
SÁBADO	13	3	67	5	62	0	-	0
DOMINGO	14	3	62	4	58	0	-	0
LUNES	15	3	58	5	53	0	-	0
MARTES	16	3	54	5	49	0	-	0
MIÉRCOLES	17	3	49	3	46	0	-	0
JUEVES	18	3	46	5	41	0	-	0
VIERNES	1279		56	5	51	0	-	0
SÁBADO	1280		51	6	45	0	-	0
DOMINGO	1281		45	7	38	0	-	0
LUNES	1282		38	6	32	0	-	0
MARTES	1283		32	5	27	0	-	0
MIÉRCOLES	1284		27	2	25	0	-	0
JUEVES	1285		25	4	21	0	-	0
VIERNES	1286		21	1	20	54	1	0
SÁBADO	1287		74	4	70	0	-	0
DOMINGO	1288		70	8	62	0	-	0
LUNES	1289		62	4	58	0	-	0
MARTES	1290		58	6	52	0	-	0
MIÉRCOLES	1291		52	8	44	0	-	0
JUEVES	1292		44	6	38	0	-	0
VIERNES	1293		38	2	36	0	-	0
SÁBADO	1294		36	5	31	0	-	0
DOMINGO	1295		31	6	25	0	-	0
LUNES	1296		25	5	20	0	-	0
MARTES	1297		20	4	16	0	-	0
MIÉRCOLES	1298		16	8	8	0	-	0
JUEVES	1299		8	5	3	54	1	0
VIERNES	1300		57	5	52	0	-	0

Tabla 26 Tabla de simulación política (*R, S*)

TABLA DE SIMULACION								
SEMANAS (CLOCK)	INVENTARIO INICIAL	DEMANDA	INVENTARIO FINAL	CANTIDAD MAXIMA A PEDIR	Q CANTIDAD A PEDIR	DIAS DE ENTREGA	PERIODO DE REVISION	FALTANTES
1	10	65	-55	108	108	1	14	SS 55
2	108	52	56	108	52	1	14	
3	108	36	72	108	36	1	14	
4	108	44	64	108	44	1	14	
5	108	58	50	108	58	1	14	
6	108	43	65	108	43	1	14	
7	108	36	72	108	36	1	14	
8	108	75	33	108	75	1	14	
9	108	46	62	108	46	1	14	
10	108	59	49	108	59	1	14	
11	108	39	69	108	39	1	14	
12	108	43	65	108	43	1	14	
13	108	45	63	108	45	1	14	
14	108	42	66	108	42	1	14	
15	108	51	57	108	51	1	14	
16	108	46	62	108	46	1	14	
17	108	61	47	108	61	1	14	
18	108	48	60	108	48	1	14	
19	108	61	47	108	61	1	14	
20	108	11	97	108	11	1	14	
21	108	28	80	108	28	1	14	
22	108	41	67	108	41	1	14	
23	108	21	87	108	21	1	14	
24	108	8	100	108	8	1	14	
25	108	47	61	108	47	1	14	
26	108	64	44	108	64	1	14	
27	108	68	40	108	68	1	14	
28	108	71	37	108	71	1	14	
29	108	73	35	108	73	1	14	
30	108	41	67	108	41	1	14	
31	108	60	48	108	60	1	14	
32	108	51	57	108	51	1	14	
33	108	53	55	108	53	1	14	
34	108	77	31	108	77	1	14	

Ilustración 32 Entrega de la política de inventario a la jefa del área de farmacia



Ilustración 33 Almacenamiento de los frascos de Albúmina

