

# PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE PROYECCIÓN DE COMPRA PARA MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS EN UNA ORGANIZACIÓN DEL SECTOR SALUD

**AUTOR**

**JAIME ENRIQUE GUERRERO MELGAREJO**

Administrador de Empresas

Mejai26@hotmail.com

**Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Logística Integral**



La U  
**acreditada**  
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
JUNIO, 2020**

# PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE PROYECCIÓN DE COMPRA PARA MEDICAMENTOS Y DISPOSITIVOS MÉDICOS EN UNA ORGANIZACIÓN DEL SECTOR SALUD

## PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF PROCUREMENT PROJECTION MODELS FOR DRUGS AND MEDICAL DEVICES IN A HEALTH SECTOR ORGANIZATION

Jaime Enrique Guerrero Melgarejo  
Especialización en Gerencia Logística  
[U9500998@unimilitar.edu.co](mailto:U9500998@unimilitar.edu.co)

### RESUMEN

Con el fin de dar solución al problema que presenta actualmente una organización del sector salud la cual no puede determinar de manera correcta la proyección de abastecimiento de medicamentos y dispositivos médicos, se propone la aplicación de modelos de pronóstico basados en series de tiempo con variaciones inferiores a las actuales. Los modelos propuestos buscan minimizar el margen de error entre las compras realizadas y el consumo real, a través de la ejecución del documento fue posible determinar que todos los modelos aplicados tendrán una variación en la proyección, debido a diferentes variables que pueden presentarse en la atención y mejora de los pacientes, la cual no es estacional ni pronosticable.

**Palabras Clave:** Pronostico, sector salud, proyección, abastecimiento, dispositivos médicos, modelos.

### ABSTRACT

In order to provide a solution to the problem currently faced by a health sector organization that cannot correctly determine the projected supply of drugs and medical devices, it is proposed to apply time-series-based forecasting models with less variation than the current ones. The proposed models seek to minimize the margin of error between purchases made and actual consumption. Through the execution of the document, it was possible to determine that all the models applied will have a variation in the projection, due to different variables that may occur in the care and improvement of patients, which is neither seasonal nor predictable.

**Keywords:** Forecasting, health sector, projection, supply, medical devices, models

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los hospitales y clínicas están catalogadas como empresas que tienen una serie de características que los diferencian de las empresas de servicio [1], como lo son: atender a pacientes en grave estado de salud, se conoce el momento en el que ingresa el paciente más no el que sale, los insumos utilizados en la atención de enfermedades dependerá de las condiciones en las que se encuentre el paciente.

Las organizaciones de salud, deben realizar sus procesos de abastecimiento teniendo en cuenta que se presta un servicio y de éste dependerá el buen estado de los pacientes, debido a esto es necesario prever de manera anticipada y ordenada las compras de insumos médicos

Es por esto que una adecuada proyección de abastecimiento de medicamentos y dispositivos médicos es importante e indispensable, teniendo en cuenta los diferentes factores que pueden verse afectados en caso de contar con muy pocos insumos o lo contrario, un sobre stock, esto como lo dice: Federico Sabría [2] a la dirección financiera le puede interesar las predicciones a corto, mediano y largo plazo para confeccionar respectivamente los flujos de tesorería y presupuesto; los modelos propuestos buscan una armonía de lo consumido con lo proyectado, en donde también se verá beneficiada la parte económica, teniendo inventarios acordes con el consumo y en los tiempos necesarios.

De hecho, en algunos hospitales de Bogotá como lo indica J Ardila [3] la proyección de compra es realizada por el personal administrativo de las bodegas y se calcula de acuerdo al promedio de los meses pasados, haciendo que se presenten inconvenientes con medicamentos y dispositivos médicos faltantes o sobre stock en las bodegas, es por ello que los directivos deben considerar nuevos modelos de proyección que les facilite el pronóstico de compra y que éste sea realizado por personal apropiado y especialista en proyección de abastecimiento, lo que ayudará a prestar mejores servicios sin dejar de atender pacientes [4]

No se puede permitir que por variaciones en las proyecciones, se dejen de atender pacientes tal como lo indica el espectador [5] , en 2019 cerca del 77% de las unidades de urgencias de los niveles de atención II y III de la red de hospitales presentó falta de insumos médicos para la atención de enfermedades y

tratamientos; de allí radica la necesidad de tener modelos que ayuden no solo a hospitales de primer nivel sino que sean modelos de pronóstico aplicables en toda la red de hospitales del distrito, ayudando al personal de suministros y compras con una proyección de abastecimiento clara y rápida de ejecutar.

El pronóstico de la demanda es parte fundamental para la elaboración de este artículo como lo describe Diego Saldarriaga

“Es un proceso que recoge, almacena, procesa y representa una previsión de la demanda futura con la mayor exactitud posible utilizando métodos estadísticos y datos del pasado. El pronóstico es la parte más importante de la administración de la demanda y sabemos que el manejo y planeación de la demanda es el principal motivador de las estrategias de SCM (Supply Chain Management)” [6].

La logística de suministros implica la administración del procesamiento de pedidos, el inventario, el transporte y la combinación del almacenamiento, el manejo de materiales y el empaquetado; todo esto integrado mediante la red empresarial. La meta de la logística es apoyar los requerimientos operativos de las adquisiciones, la fabricación y el abastecimiento del cliente tal como lo indica [7], así mismo se lleva a cabo en las organizaciones de sector salud donde se debe garantizar la adquisición de insumos hospitalarios y el correcto abastecimiento para los almacenes y que estos a su vez brinden una correcta atención a los usuarios finales.

El problema planteado trata de planificar si es posible aplicar modelos de pronóstico para la proyección de compra, con las diferentes variaciones que se presenten, saber si se pueden implementar los métodos en un almacén hospitalario, teniendo en cuenta los históricos y la variación de la demanda que tienen estos artículos ya que dependen del estado físico y evolución de los pacientes en las diferentes unidades.

De tal manera poder identificar si los pronósticos propuestos pueden realizar una disminución en los inventarios y compras realizadas por la organización del sector salud en la cual se tiene proyectado llevar a cabo toda esta investigación.

Los métodos a aplicar en esta investigación serán cuantitativos y tomados del historial de consumo de la organización antes mencionada, esto permitirá tener mejor conocimiento de las variables presentadas durante los periodos ya transcurridos, teniendo en cuenta que se atienden pacientes y su condición tendrá influencia en los inventarios, se tienen en cuenta los métodos de pronóstico, los cuales son usados cuando las organizaciones de manera posible y económica tienen datos numéricos e históricos [7]

Este estudio de caso, se realiza para poder determinar que en una empresa del sector salud, el modelo EOQ tradicionalmente utilizado para la proyección de compra y almacenamiento no es el único, también es posible aplicar diferentes modelos que permitan ayudar a realizar una compra con menos variaciones ayudando a disminuir los sobre stock de inventarios y sobre costos de almacenamiento.

La pregunta que se plantea este artículo, es determinar, si es posible aplicar diferentes modelos de proyección de la demanda y estos tendrán una variación al modelo EOQ actualmente aplicado en la Organización del sector salud; para dar respuesta a la anterior pregunta se plantea analizar los posibles modelos para la proyección de compra de insumos hospitalarios, por medio de diferentes pronósticos que ayuden a determinar la mejor opción de compra, basados en datos históricos y comportamientos de cada uno de los artículos.

Saber que actualmente se tienen en cuenta criterios que pueden ser importantes al momento del análisis de proyección de abastecimiento, se considera necesario realizar la proyección con modelos que permitan identificar las variaciones que se presentan durante los periodos transcurridos, esto permite que se realicen proyecciones acordes con la realidad, determinando que los promedios pueden variar dependiendo de situaciones atípicas que se presenten y no necesariamente esto sucederá en los periodos siguientes.

Los métodos de planeación de la demanda, han ayudado a diferentes organizaciones del sector salud a realizar proyecciones de abastecimiento como lo indica Jhon Ardila [3] que aplica modelos para la gestión de inventarios y permite un nivel óptimo en los almacenes para la correcta atención de usuarios. Jessica Niño [8] propone en el artículo, implementar modelos de pronóstico para una farmacia y el libro Logística Sanitaria [1] sugiere implementar métodos cuantitativos de prevención de la demanda en una organización del sector salud.

Los criterios que se tienen en cuenta para la investigación son tomados de la organización del sector salud y se encuentran expresados en la Tabla 1.

**Tabla 1**

<b>CRITERIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Promedio	Se tiene en cuenta el promedio de los ultimo dos o tres meses, para realizar la proyección y cálculo de compra
Stock de seguridad	Se tiene en cuenta el stock de seguridad basado en el promedio de consumo.
Inventario	Saldos actuales de inventario en el almacén general, para poder descontarlos de la proyección de compra.
Órdenes de compra pendientes	Listado de las órdenes de compra que los proveedores no han entregado, para poder descontarlas de la solicitud.
Pendientes de despacho	Los insumos que por falta de entrega de las órdenes de compra no se han despachado a los servicios.

**Fuente:** elaboración propia

Como beneficio del estudio, estas variables buscan brindarle un mejor diseño a la planeación de compra de la organización, optimizando sus inventarios, costos y tiempos de entrega, de acuerdo con las características que ésta presenta al brindar

atención a pacientes buscando una buena atención, es por ello que la entrega adecuada y oportuna de insumos médicos ayudará a mejorar la calidad y servicio de la organización del sector salud. El presente artículo estará dividido en: Materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y referencias.

## **1. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los modelos cuantitativos de pronóstico que se manejan en la actualidad, buscan poder realizar pronósticos del futuro con datos del pasado ayudando a las organizaciones a predecir los posibles consumos, gastos y movimientos que se pueden generar por las actividades a realizar. Tal como lo indica Hanke y Reitsch todas las organizaciones operan en una atmosfera de incertidumbre y que a pesar de esto se deben tomar unas decisiones que afecten el futuro de la organización [8]

Los modelos requieren de datos históricos y movimientos que tiene la organización a lo largo del tiempo para poder proyectarse de manera metodológica y objetiva, contando con pronósticos más precisos [9]

Es importante determinar que la implementación de estos modelos es muy compleja y no garantiza que los pronósticos sean exactos, y en algunas ocasiones estos pueden variar, teniendo en cuenta que serán aplicados en una institución de salud y el consumo puede variar ya que no se puede determinar el mix de pacientes ni la demanda de insumos, debido a que esta se comporta estocásticamente dependiendo de la estadía de los pacientes y su condición medica [1]

Para la realización del siguiente caso, se decidió tomar modelos basados en datos históricos que serán aplicados en cuatro insumos médicos utilizados en el área de procedimientos para el tratamiento y diagnóstico de pacientes con problemas pulmonares, se tomarán los movimientos de los seis últimos meses del año 2019 para cada uno de los artículos y así realizar el pronóstico con cada uno de los modelos a aplicar.

Los modelos que se aplicaran en el caso de estudio y a los cuales se les realizarán una tabla comparativa son:

### **Regresión lineal simple**

Es un método estadístico que permite estudiar la relación entre variables continuas cuantitativas aleatorias, de un conjunto de variables independientes que permite identificar que datos se acercan más a la línea recta, éstas pueden ser variables dependientes o independientes [12].

Esta variable requiere de los datos históricos por artículo, que ya se tienen y del tiempo que se desea conocer.

Las ecuaciones (1) y (2) de regresión lineal simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$y = a + bx \quad (1)$$

$y$  = Variable dependiente calculada mediante la ecuación

$y$  = El punto de datos de la variable dependiente real

$a$  = Secante y

$b$  = Pendiente de la recta

$x$  = Periodo

Se determina  $a$  y  $b$ :

$$a = + \bar{y} - \bar{x} \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x} * \bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

$a$  = Secante y

$b$  = Pendiente de la recta

$\bar{y}$  = Promedio de todas las  $y$

$\bar{x}$  = Promedio de todas las  $x$

$x$  = Valor  $x$  de cada punto de datos

$y$  = Valor  $y$  de cada punto de datos

$n$  = Número de punto de datos

$y$  = Valor de la variable dependiente calculada con la ecuación de regresión

### **Suavización simple o suavización exponencial de Brown**

Es un método donde se calcula el promedio de datos en una serie de tiempo con un mecanismo que busca ajustar las variaciones en dirección opuesta a las desviaciones del paso.

El método de suavización exponencial simple trabaja a través de una constante de suavización alfa ( $\alpha$ ) que tiene un valor comprendido entre 0 y 1, aunque en la aplicación real su valor suele variar entre 0,05 y 0,50 [13].

La constante funciona como un factor de ponderación (si, parecido al pronóstico móvil ponderado) y su variación se hace de acuerdo a nuestra necesidad de darle más peso a datos recientes (alfa  $\alpha$  más elevado) o a datos anteriores (alfa  $\alpha$  más bajo) [10]

Para la realización de este modelo solo se requiere del pronóstico anterior, la demanda real del periodo de pronóstico y la constante de suavización.

La ecuación (3) de suavización simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$F_t = aD_t + (1 - a)F_{t-1} \quad (3)$$

$F_t$  = Es el valor pronosticado en el periodo  $t$

$a$  = Es la constante de suavización

$D_t$  = Es el valor total observado en el periodo  $t$

$F_{t-1}$  = Es el valor pronosticado para el periodo  $t-1$ .

### **Suavización doble o suavización exponencial de Holt**

Este método permite hacer una validación doble con el valor de la serie y el cambio de tendencia a través del tiempo, adicional tiene en cuenta los datos de entrada, los ajustados de la suavización simple. Para aplicar este modelo es necesario tener dos constantes  $\alpha$  y  $\beta$  éstas deben estar en un rango de entre 0 y 1. Pero a nivel práctico varía entre 0,05 y 0,50 [15].

Este método requiere algunos parámetros adicionales con respecto a su hermano suavización simple. Una constante delta y un valor para la tendencia.

Para la realización de este modelo se requiere dos constantes de suavización, el pronóstico anterior, la demanda real del periodo de pronóstico y la tendencia suavizada [11].

La ecuación (4) de suavización doble se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} F'_t &= a D_t + (1 - a) F'_{t-1} \\ F''_t &= \beta F'_t + (1 - \beta) F''_{t-1} \\ F_t &= F'_t + F''_t \end{aligned} \quad (4)$$

$F_t$  = Es el valor pronosticado para el periodo  $t$

$a$  = Es la constante de suavización para el nivel de serie

$D_t$  = Es el valor histórico observado en el periodo  $t$

$F'_t$  = Es el valor suavizado de la serie de periodo  $t$

$F''_t$  = Es la tendencia estimada para el periodo  $t$

$\beta$  = Es la contante de suavización para la tendencia de la serie

$F'_{t-1}$  = Es el valor histórico pronosticado para el periodo  $t-1$

### **Media móvil simple**

Se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión. Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el



número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales y / o irregulares sean eliminados [12].

El *pronóstico* de promedio móvil es óptimo para patrones de demanda aleatoria o nivelada donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente [12].

Para la realización de este modelo solo se requiere del pronóstico anterior.

La ecuación (5) de media móvil simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_{t-1}}{n} \quad (5)$$

$\hat{X}_t$  = Promedio de ventas en unidades de  $t$

$X_{t-1}$  = Ventas reales en unidades de los periodos anteriores a  $t$

$n$  = Numero de datos

### **Error del pronóstico**

Esta medición permite determinar la diferencia entre el dato pronosticado y el dato real, mostrando la diferencia entre estos dos, para poder determinar cuál tiene menor variación.

Para la realización de éste modelo se requiere el dato proyectado y el consumo real.

La ecuación (6) de media móvil simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$e_t = D_t - F_t \quad (6)$$

$e_t$  = Error del pronóstico

$D_t$  = Demanda real del periodo  $t$

$F_t$  = Pronóstico realizado para el periodo  $t$

### **MAD Error absoluto medio**

Mide la desviación absoluta de un ítem y el tamaño en unidades de error, de los insumos proyectados y los reales de consumo, éste modelo se recomienda usar por ítem para que su dato sea más exacto, estos datos deben estar escritos en las mismas unidades de la variable para que su interpretación sea clara.

Para la realización de éste modelo se requiere el dato proyectado y el consumo real.

La ecuación (7) de media móvil simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_t^n = 1 |D_t - F_t| \quad (7)$$

$n$  = Número de muestras  
 $D_t$  = Demanda del periodo del periodo  $t$   
 $F_t$  = Pronóstico realizado del periodo  $t$

### **MAPE Error porcentual absoluto medio**

Es un indicador del desempeño del Pronóstico de Demanda que mide el tamaño del error (absoluto) en términos porcentuales. El hecho que se estime una magnitud del error porcentual lo hace un indicador frecuentemente utilizado por los encargados de elaborar pronósticos debido a su fácil interpretación [13].

Para la realización de éste modelo se requiere el dato proyectado y el consumo real.

La ecuación (8) de media móvil simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_t^n = 1 \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right| \quad (8)$$

$n$  = Número de muestras  
 $D_t$  = Demanda del periodo del periodo  $t$   
 $F_t$  = Pronóstico realizado del periodo  $t$

### **MSE (Error cuadrático medio)**

Es un estimador es una de las muchas maneras de cuantificar la diferencia entre los valores implícitos en un estimador de la densidad del núcleo y los verdaderos valores de la cantidad que se estima [14].

Para la realización de éste modelo se requiere el dato proyectado y el consumo real. La ecuación (9) de media móvil simple se realiza de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_t^n (Dt - Ft)^2 \quad (9)$$

$n$  = Número de muestras

$D_t$  = Demanda del periodo del periodo  $t$

$F_t$  = Pronóstico realizado del periodo  $t$

(7) La forma en la que se plantea aplicar estos modelos en cada uno de los artículos, es logrando que todas las fórmulas se apliquen con los datos administrados por la organización, se realizara un cuadro comparativo por cada artículo donde se puedan ver las diferentes variaciones que presenta cada uno de los métodos, de igual manera se realizara un cuadro de resultados donde los pronósticos de error determinen cuál de los métodos presenta menor diferencia frente al consumo real.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En contexto, la organización del sector salud de la cual se obtuvieron los datos a los cuales se realizó un análisis para poder determinar el mejor modelo de pronóstico, cuenta actualmente con 8 subbodegas, 13 servicios asistenciales y un almacén principal, el cual se encarga de realizar la proyección de abastecimiento para suplir las necesidades de cada uno de los entes anteriormente mencionados.

El almacén realiza actualmente una proyección de compra bajo el modelo EOQ el cual consiste en determinar el promedio de consumo de los últimos 2 meses y el punto de re orden de cada uno de los artículos, estos datos ayudarán a determinar la proyección de compra para los próximos meses. Después de tener el consumo promedio se realiza el cálculo de las unidades que se encuentran almacenadas en la bodega principal junto con los pedidos pendientes de entrega por parte de los proveedores, con el fin de poder saber que esta almacenado y que va a llegar, vale aclarar que compras es el área encargada de garantizar que los pedidos pendientes se entreguen completos.

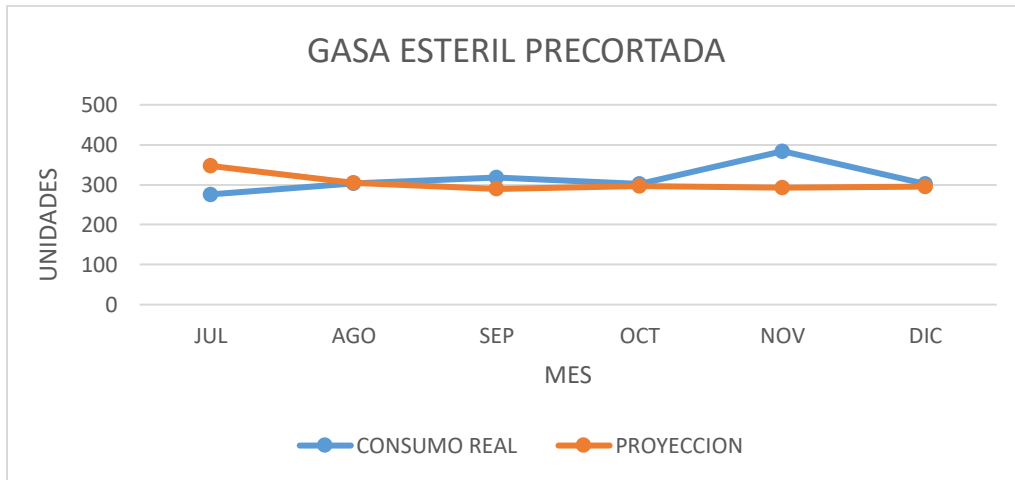
Después de tener el consumo y los saldos, se determina el lead time y el porcentaje de entrega en el cumplimiento de los proveedores, que permiten calcular el stock de seguridad que debe tener cada uno de los artículos. Luego de obtener estos datos, se calculan las unidades a comprar teniendo en cuenta lo que existe en el inventario, lo pendiente por entrega por parte de los proveedores, la proyección de compra y las existencias en el stock de seguridad.

Al realizar el cálculo para la proyección de compra, se realiza una inspección visual de cada uno de los ítems buscando errores de cálculo y variaciones atípicas que pueden presentarse para los próximos periodos y por experiencia del personal de suministros es necesario ajustar la proyección de compra; las compras se proyectan bimensualmente con el fin de no tener exceso en el flujo de proveedores, facilitar el proceso de generación de órdenes de compra, optimizar el proceso contable no generando un alto volumen de facturas mensuales y realizando proyecciones de pago estables.

Luego de determinar la proyección de compra, por medio de un documento se solicita la compra de los artículos seleccionados para que posteriormente se realice la verificación de precios y contratos con proveedores, esto con el fin que sea aprobada la solicitud desde el área de compras como por la dirección administrativa y financiera, Se realiza un seguimiento del proceso de despacho por parte del proveedor con reuniones semanales del área de suministros y compras para revisar las órdenes y tiempos que se encuentran pendientes de entrega.

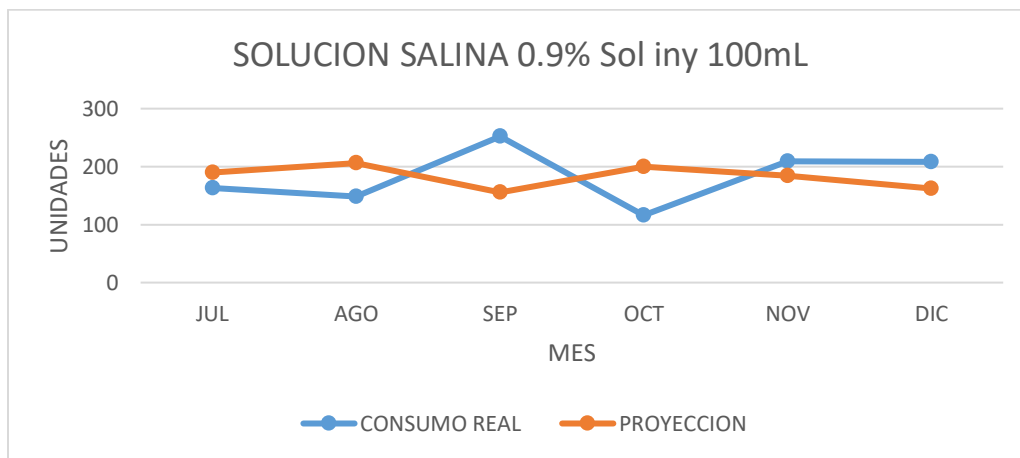
Se decide realizar el análisis de los datos para el año 2019, puesto que los datos del año 2020 no pueden ser utilizados debido la pandemia mundial producida por el covid-19, la cual afecto a las organizaciones del sector salud obligadas a realizar compras fuera de lo común para poder atender la demanda que posiblemente se podía presentar, es por esto que muchos de los artículos tuvieron un alza en las compras e inventarios, haciendo que los análisis presentaran variaciones fuera del consumo habitual, es por ello que se determinó realizar e implementar los modelos con datos más estables los cuales correspondían al segundo semestre del año mencionado.

A continuación se presentan las Figuras 1,2,3 y 4 las cuales representan el comportamiento de consumo de los artículos: gasa estéril precortada, Solución salina 0.9% Sol iny 1000 ml, Solución salina 0.9% Sol iny 250 ml y Propofol 10mg/ml Emulsión iny amp 20ml con respecto a la proyección que se realiza actualmente en la organización del sector saldo, allí se puede observar las diferencias que tiene el proceso actual y motivo por el cual se considera necesario realizar proyecciones de abastecimiento con diferentes modelos que permitan determinar si es factible aplicarlos para la planeación de compras de insumos hospitalarios.



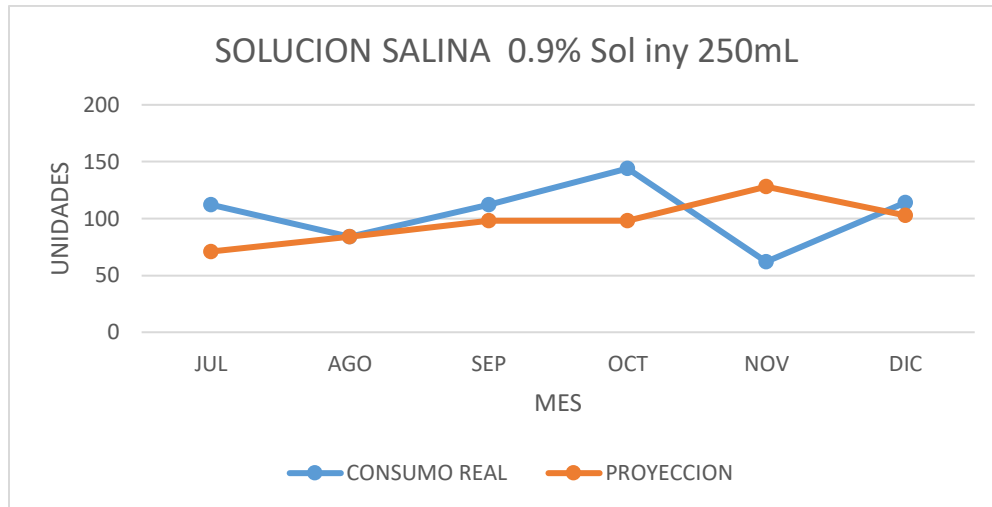
**Figura 1.** Consumo real frente a proyección de compra de gasa estéril recortada, para el segundo semestre del año 2019.

**Fuente:** Elaboración propia, información suministrada por la organización.



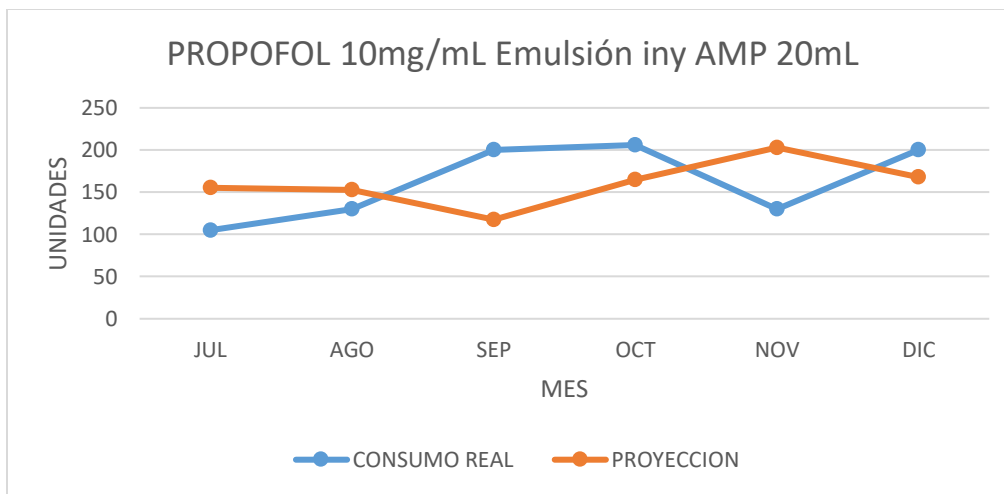
**Figura 2.** Consumo real frente a proyección de compra de Solución salina 0.9% Sol iny 100 ml, para el segundo semestre del año 2019.

**Fuente:** Elaboración propia, información suministrada por la organización.



**Figura 3.** Consumo real frente a proyección de compra de Solución salina 0.9% Sol iny 250 ml, para el segundo semestre del año 2019.

**Fuente:** Elaboración propia, información suministrada por la organización.



**Figura 4.** Consumo real frente a proyección de compra de Propofol 10mg/ml Emulsión iny amp 20ml, para el segundo semestre del año 2019.

**Fuente:** Elaboración propia, información suministrada por la organización.

En la Tabla 2 se puede determinar que la proyección que se realiza mensualmente en la organización presenta faltantes y sobre stock en algunos meses, es por ello que se considera aplicar nuevos modelos de pronóstico que permitan determinar si el utilizado actualmente es más factible que los propuestos en el artículo y permitan un mejor abastecimiento, como se puede observar en la Tabla 2.

En el presente caso de estudio, los datos que se consideraron para las técnicas de pronósticos fueron: para la media móvil simple  $n=2$  Por otra parte, para las técnicas de suavización exponencial de Brown o simple, suavización exponencial lineal de Holt o doble se consideraron las siguientes constantes de suavización:  $\alpha=0,50$ ,  $\beta=0,90$  y  $\gamma=0,50$ .

En las Tablas 3,4,5 y 6 se presentan los resultados obtenidos de la proyección de cada uno de los métodos aplicados al consumo real de los cuatro insumos, en cada tabla se podrá ver el pronóstico aplicado a cada periodo de tiempo y con base al resultado se calcula las medidas de error para cada modelo.

Se observa en la Tabla 3 que la regresión lineal simple para la proyección de compra de la Gasa estéril precortada presenta en error más pequeño en referencia a los demás métodos, recomendando que este modelo para aplicarlo en la proyección de compra de la organización del sector salud.

**Tabla 2.** Consumos Reales y proyección de compra para medicamentos y dispositivos médicos

	GASA ESTERIL PRECORTADA			SOLUCION SALINA 0.9% SOL INY. 100ML			SOLUCION SALINA 0.9% Sol iny 250ml			PROPOFOL 10MG/ML 20ML		
	CONSUMO	PROYECCION	DIFERENCIA	CONSUMO	PROYECCION	DIFERENCIA	CONSUMO	PROYECCION	DIFERENCIA	CONSUMO	PROYECCION	DIFERENCIA
ENE	183	270	87	181	153	-28	56	81	25	100	125	25
FEB	330	257	-74	199	190	-9	112	84	-28	225	163	-63
MAR	255	293	38	34	117	83	0	56	56	150	188	38
ABR	330	293	-38	243	139	-105	224	112	-112	55	103	48
MAY	360	345	-15	132	188	56	86	155	69	110	83	-28
JUN	333	347	14	248	190	-58	56	71	15	200	155	-45
JUL	276	305	29	163	206	43	112	84	-28	105	153	48
AGO	303	290	-14	148	156	8	84	98	14	130	118	-13
SEP	318	311	-8	252	200	-52	112	98	-14	200	165	-35
OCT	302	310	8	116	184	68	144	128	-16	206	203	-3
NOV	384	343	-41	209	163	-47	62	103	41	130	168	38
DIC	302	343	41	208	209	1	114	88	-26	200	165	-35
TOTAL	FALTANTE		-188			-298			-224			-221
	SOBRANTE		216			256			220			196

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.

Los resultados que se obtuvieron por parte de los métodos suavización simple, suavización doble y promedio móvil simple y luego de realizar un análisis de los resultados de determina que presentan un error porcentual (MAPE) por encima del método regresión lineal, lo que indica que al realizar proyecciones con los demás métodos pueden presentarse variaciones más fuertes, que pueden conllevar a compras innecesarias o por debajo de lo requerido en la organización.

**Tabla 3.** Proyección de compra para el dispositivo medico: Gasa estéril precortada

GASA ESTERIL PRECORTADA					
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	REGRESION LINEAL	SUAVIZACIÓN SIMPLE	SUAVIZACIÓN DOBLE	PROMEDIO MOVIL SIMPLE
		PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	276	230	338	387	347
8	303	263	332	380	305
9	318	297	329	383	290
10	302	331	328	374	311
11	384	365	325	411	310
12	302	399	331	386	343
ERROR PRONOSTICO (et)		1	19	4	-99
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		78	112	238	143
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		35%	35%	75%	45%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		0	1399	27271	52

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.

Se puede de igual manera determinar en la Tabla 4 que el método de regresión lineal para la compra de Solución salina 0.9% sol iny. 100ml presenta un error inferior a los demás métodos aplicados en el artículo, es por ello que se recomienda aplicarlo en la proyección de compra de la organización del sector salud.

Los resultados obtenidos por cada uno de los métodos nos indican que el modelo de regresión lineal presenta un error absoluto medio (MAD) inferior al obtenido por los demás, esto significa que las unidades propuestas son más cercanas y se acercan mucho más al valor de consumo real del artículo, haciendo que la compra sea acorde a la necesidad de la organización.

**Tabla 4.** Proyección de compra para el dispositivo médico: Solución salina 0.9% sol iny. 100ml

SOLUCION SALINA 0.9% SOL INY. 100ML					
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	REGRESION LINEAL	SUAVIZACIÓN SIMPLE	SUAVIZACIÓN DOBLE	PROMEDIO MOVIL SIMPLE
		PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	163	134	174	211	190
8	148	153	173	159	206
9	252	173	171	227	156
10	116	192	179	143	200
11	209	212	173	177	184
12	208	232	176	208	163
ERROR PRONOSTICO (et)		1	-22	39	-731
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		87	160	138	241
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		72%	91%	79%	138%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		0	359	114	0

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.

Para el artículo Solución salina 0.9% sol iny. 250 ml expresado en la Tabla 5 se puede observar que el método que presenta mejor comportamiento con respecto a los demás es el de regresión lineal por tal motivo se recomienda utilizar para la proyección de compra en la organización.



Se puede observar que el modelo de regresión lineal presenta un error de pronóstico (et) de sólo 1 unidad, frente al consumo real y por debajo de los demás métodos realizados, determinando que la proyección que se realiza es acertada y puede aplicarse en la organización para las compras de los insumos hospitalarios.

Para el medicamento Propofol 10mg/ml 20ml expresado en la Tabla 6 se observa y propone que sea utilizado el método de regresión lineal para la proyección de compras de la organización, debido a sus resultados con respecto a los demás métodos aplicados para el análisis en la organización del sector salud.

Para el análisis del medicamento puede verse que el método de regresión lineal tiene un error cuadrático (MSE) de 0 unidades lo que permite determinar que frente a los demás modelos tiene un comportamiento mucho más acertado con respecto a las demás proyecciones realizadas, es por ello que se propone para que sea el método utilizado en la proyección de compra.

**Tabla 5.** Proyección de compra para el dispositivo médico: Solución salina 0.9% sol iny. 250 ml

SOLUCION SALINA 0.9% Sol iny 250mL					
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	REGRESION LINEAL	SUAVIZACIÓN SIMPLE	SUAVIZACIÓN DOBLE	PROMEDIO MOVIL SIMPLE
		PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	112	76	113	73	71
8	84	88	113	69	84
9	112	99	110	100	98
10	144	110	110	152	98
11	62	122	114	96	128
12	114	133	109	102	103
ERROR PRONOSTICO (et)		1	15	-17	14
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		58	105	128	143
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		90%	112%	133%	152%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		0	246	193	302

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.

**Tabla 6.** Proyección de compra para el medicamento: Propofol 10mg/ml 20ml

PROPOFOL 10MG/ML 20ML					
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	REGRESION LINEAL	SUAVIZACIÓN SIMPLE	SUAVIZACIÓN DOBLE	PROMEDIO MOVIL SIMPLE
		PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	105	119	144	113	155
8	130	136	141	126	153
9	200	153	139	201	118
10	206	170	146	244	165
11	130	188	152	176	203
12	200	205	149	188	168
ERROR PRONOSTICO (et)		1	-10	13	97
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		71	135	129	201
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		64%	82%	84%	125%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		0	1428	821	14

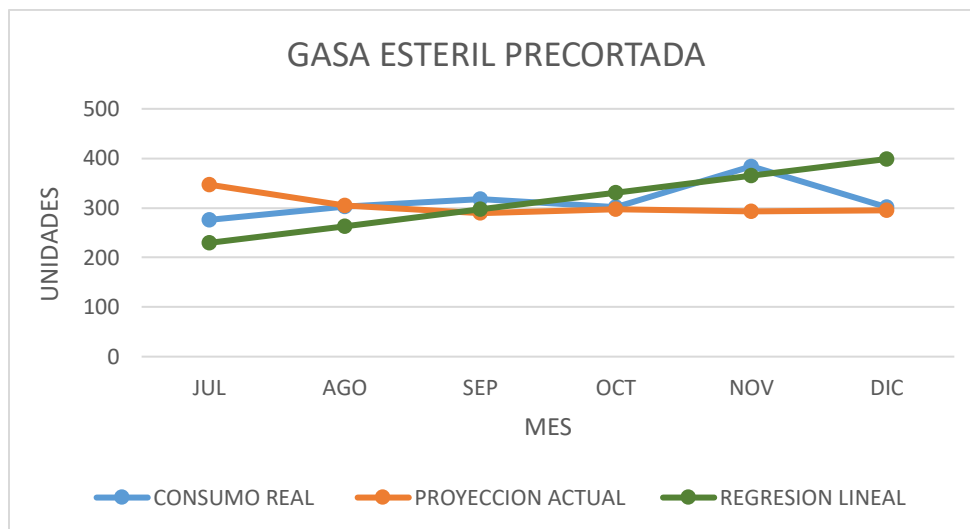
**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.

En las Tablas 7,8,9 y 10 se muestran los indicadores de error que presenta la proyección actual de suministros en la organización, en comparación con el modelo de regresión lineal, modelo escogido por obtener los mejores resultados en comparación con los demás, estas comparaciones de pueden ver ilustradas en los Figuras 5,6,7 y 8.

**Tabla 7.** Medidas de error actuales frente al modelo de regresión lineal para Gasa estéril precortada.

MD GASA ESTERIL PRECORTADA			
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	ACTUAL	REGRESION LINEAL
		PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	276	347	230
8	303	305	263
9	318	290	297
10	302	297	331
11	384	293	365
12	302	295	399
ERROR PRONOSTICO (et)		1	19
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		60	125
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		27%	40%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		473	0

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.



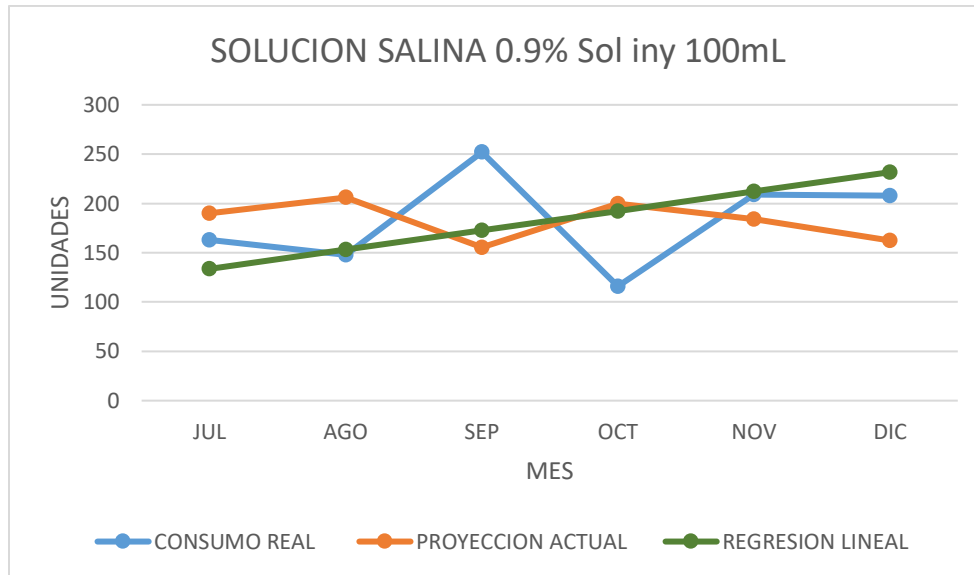
**Figura 5.** Comparación proyección actual, proyección lineal y consumo real para el insumo: Gasa estéril precortada.

**Fuente:** elaboración propia con base en información de la organización.

**Tabla 8.** Medidas de error actuales frente al modelo de regresión lineal para Solución salina 0.9% sol iny. 100ml.

SOLUCION SALINA 0.9% SOL INY. 100ML			
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	ACTUAL	REGRESION LINEAL
		PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	163	190	134
8	148	206	153
9	252	156	173
10	116	200	192
11	209	184	212
12	208	163	232
ERROR PRONOSTICO (et)		1	-22
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		128	139
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		106%	80%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		1	0

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.

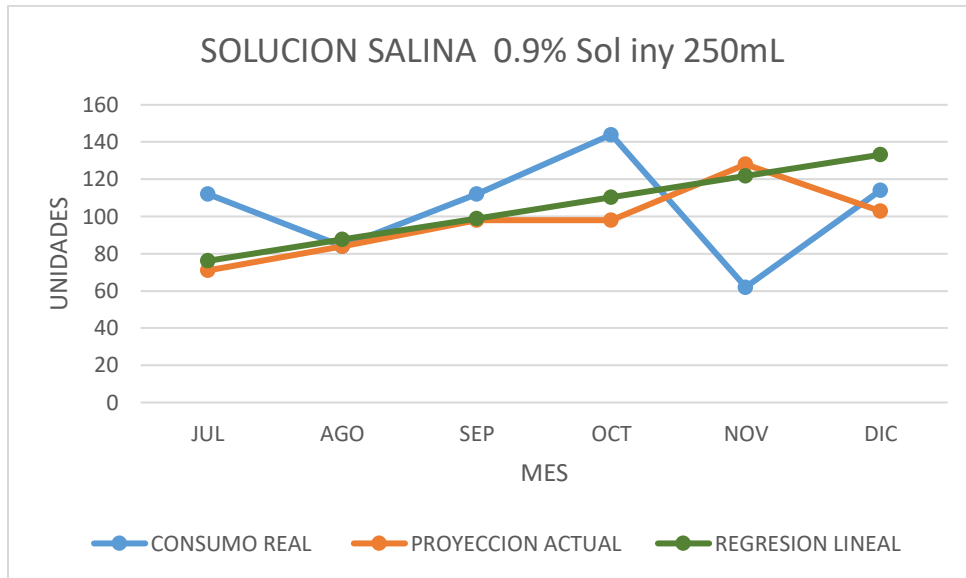


**Figura 6.** Comparación proyección actual, proyección lineal y consumo real para el insumo: Solución salina 0.9% sol iny. 100ml.  
**Fuente:** elaboración propia con base en información de la organización.

**Tabla 9.** Medidas de error actuales frente al modelo de regresión lineal para Solución salina 0.9% sol iny. 250ml.

SOLUCION SALINA 0.9% Sol iny 250mL			
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	ACTUAL	REGRESION LINEAL
		PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	112	71	76
8	84	84	88
9	112	98	99
10	144	98	110
11	62	128	122
12	114	103	133
ERROR PRONOSTICO (et)		1	15
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		60	97
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		94%	104%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		302	0

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.



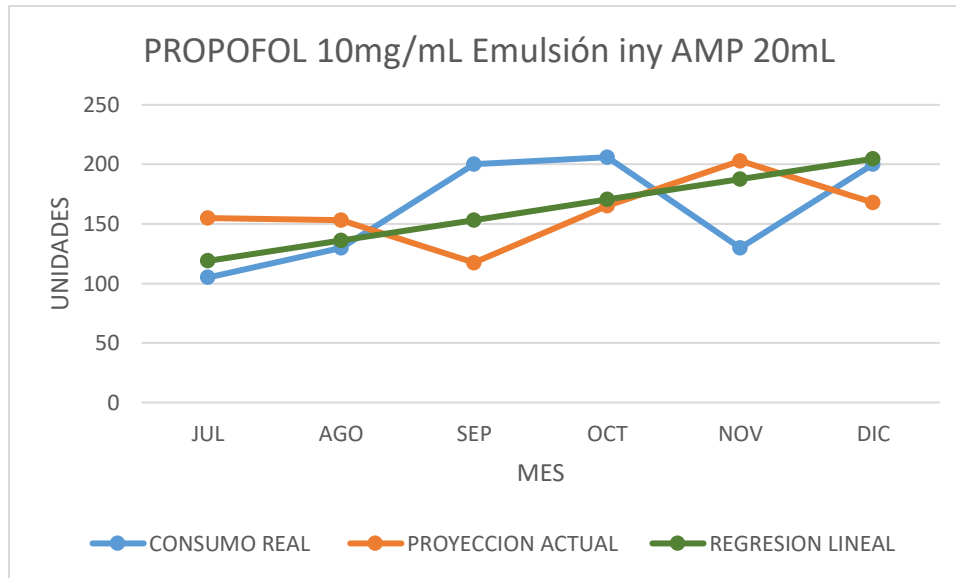
**Figura 7.** Comparación proyección actual, proyección lineal y consumo real para el insumo: Solución salina 0.9% sol iny. 250ml.

**Fuente:** elaboración propia con base en información de la organización.

**Tabla 10.** Medidas de error actuales frente al modelo de regresión lineal para Propofol 10mg/ml 20ml.

PROPOFOL 10MG/ML 20ML			
MES/PERIODO	CONSUMO REAL	ACTUAL	REGRESION LINEAL
		PRONOSTICO	PRONOSTICO
7	105	155	119
8	130	153	136
9	200	118	153
10	206	165	170
11	130	203	188
12	200	168	205
ERROR PRONOSTICO (et)		1	-10
ERROR ABSOLUTO MEDIO (MAD)		100	117
ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO (MAPE)		88%	73%
ERROR CUADRATICO MEDIO(MSE)		13	0

**Fuente:** elaboración propia información suministrada por la organización.



**Figura 8.** Comparación proyección actual, proyección lineal y consumo real para el insumo: Propofol 10mg/ml 20ml.

**Fuente:** elaboración propia con base en información de la organización.

El resultado del análisis determina que para el insumo Gasa estéril precortada es recomendable seguir realizando la proyección de compra con el modelo actual, ya que tiene una diferencia del 27% frente a un 40% del modelo de regresión lineal. Para el insumo Solución salina 0.9% sol iny. 100ml es recomendable utilizar el modelo de regresión lineal debido a que éste presenta una diferencia del 80% frente al modelo actual que tiene una diferencia del 106%. Para el artículo Solución salina 0.9% sol iny. 250ml, el modelo que presenta una menor diferencia porcentual fue el actual con un 94% a diferencia del Modelo de regresión lineal que obtuvo una diferencia del 104%. Por último para el artículo Propofol 10mg/ml 20ml se observa que es recomendable usar el modelo de regresión lineal, éste presenta una diferencia del 73% frente a una del 88% del modelo actual.

### 3. CONCLUSIONES

Realizar una proyección de la demanda acorde al consumo no sería posible determinarla, ya que depende de diferentes factores; las variaciones en los meses dificulta adecuar un modelo que pronostique un consumo en donde no existan faltantes o sobre stock de los insumos, es por ello que los modelos aplicados mostraron variaciones significativas en cada uno de sus cálculos, pero el que obtuvo un menos margen de error fue el de regresión lineal.

Se determina que los modelos propuestos en el artículo pueden ser aplicados a una organización del sector salud, pero es necesario tener en cuenta que ninguno proyectará una compra adecuada, debido a que la primer condición es la atención de usuarios, dichas condiciones son presentadas como determinar su mejora en el

estado de salud, estadía y condiciones al momento de realizar algún procedimiento, por esta razón los modelos no permitirá tener proyecciones acordes al consumo.

Existe la posibilidad de aplicar los diferentes modelos de pronóstico, siempre y cuando se tenga un stock de seguridad que pueda ayudar a solventar las diferencias de faltantes en caso de que se presenten, solventando la necesidad y atendiendo a los usuarios de manera oportuna, este debe ser un trabajo en conjunto con las áreas implicadas para que la información siempre esté al día y lo más actualizada posible.

Los métodos permiten ver de igual manera el comportamiento de los artículos y las estacionalidades que se pueden presentar para que más adelante se tengan en cuenta y sean utilizadas todas las herramientas para la proyección, ajustando los pronósticos de manera que con el tiempo sean lo más cercano a la realidad.

Al elaborar este artículo se puede expresar la importancia de los modelos de pronóstico en una organización, para la toma de decisiones y la planeación de la compra, esto ayuda a disminuir la incertidumbre de compra y consumo, permite realizar una proyección ordenada, mejorando los procesos de las áreas involucradas.

## REFERENCIAS

- [1] X. Z. D. A. E. D. C. C. Dr Miguel mediavilla, Logística Sanitaria: Retos y nuevas tendencias, España: ulma, 2014.
- [2] F. Sabria, La cadena de Suministros, Marge Books, 2004.
- [3] J. A. A. Evan, «Selección de un método de coordinación de inventarios para la bodega y farmacias auxiliares de un hospital público en Bogotá,» Universidad los Andes , Bogotá, 2010.
- [4] O. B. MD, «La salud en Colombia Logros, Retos y recomendaciones,» Universidad Los Andes, Bogotá, 2012.

- [5] R. Bogotá, «Personería de Bogotá denuncia hacinamiento en urgencias y falta de insumos en hospitales,» *El Espectador*, 05 mayo 2019.
- [6] D. L. S. R., «El pronostico de la demanda,» Zonologica, Bogotá, 2014.
- [7] D. J. Bowersox, D. J. Closs y M. B. Cooper, «Administración y logística en la cadena de suministros,» MC Graw hill interamericana, D.F Mexico, 2007.
- [8] J. A. P. CUERVO, «PROPUESTA PARA LA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA DE LA PAPELERÍA PREIMPRESA EN LAS OFICINAS DE UNA ENTIDAD BANCARIA,» Universidad Militar Nueva Granada , Bogotá, 2019.
- [9] J. M. N. Laguado, «Propuesta Para la implementación de un método de pronostico de la demanda del material de embalaje en una empresa distribuidora de dispositivos médicos,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2018.
- [10] A. G. R. John E Hanke, Pronosticos en los negocios, Pearson, 1996.
- [11] J. L. B. B. L. M. Á. POSADA, «CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA EMPRESARIAL,» Universidad del rosario , Bogotá, 2013.
- [12] i. empresa, «ingenio empresa,» 24 10 2016. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/regresion-lineal/>. [Último acceso: 21 06 2020].
- [13] i. empresa, «ingenio empresa,» 15 02 2016. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-simple/>. [Último acceso: 21 06 2020].
- [14] I. y. empresa, «Ingenio y empresa,» 15 febrero 2016. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-simple/>. [Último acceso: 31 05 2020].
- [15] I. empresa, «Ingenio empresa,» 16 02 2016. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-doble/>. [Último acceso: 21 06 2020].
- [16] Ingenioempresa, «Ingenioempresa,» Ingenioempresa, 22 febrero 2016. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-doble/>. [Último acceso: 31 05 2020].
- [17] B. S. López, «Ingeniería industrial online,» 30 06 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/pronostico-de-la-demanda/promedio-movil/>. [Último acceso: 31 05 2020].
- [18] G. tutoriales, «Gestion de operaciones,» 23 01 2015. [En línea]. Available: <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/error-porcentual-absoluto-medio-mape-en-un-pronostico-de-demanda/>. [Último acceso: 31 05 2020].
- [19] M. terms, «Manufacturing terms,» [En línea]. Available: <https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Mean-Squared-Error-aka-MSE.html>. [Último acceso: 31 05 2020].