



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

Creación de políticas de inventarios a través de series de tiempo, un estudio de modelos de predicción.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

Magister en Matemática Aplicada

Autor:

José Vinicio Corte Tenezaca

Director:

Dr.Sc. Jonnatan Fernando Avilés González MSc.

Cuenca – Ecuador

2024

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Azuay por acogerme, a los docentes por los conocimientos compartidos y a mi madre por el apoyo y motivación constante.

DEDICATORIA

A mi padre y abuelita que desde el cielo me inspiraron a cumplir esta meta, a mi madre por su apoyo incondicional, a Zoé y Josué.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE.....	IV
TABLA DE CUADROS y GRÁFICAS.....	V
Índice de Figuras	V
Índice de Tablas.....	V
RESUMEN	6
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN.....	7
METODOLOGÍA.....	8
Exploración de Datos.....	8
Análisis Descriptivo	9
Identificación de Modelos	10
Pronóstico	10
Ajuste del Modelo	11
Selección del Modelo	11
Diseño de Política de Gestión de Inventarios	11
RESULTADOS.	12
Exploración de Datos.....	12
Análisis Descriptivo	12
Identificación de Modelos	13
Pronóstico	14
Ajuste del Modelo	14
Selección del Modelo	15
Diseño de Política de Gestión de Inventarios	15
Políticas de Gestión de Inventario	15
CONCLUSIÓN	17
REFERENCIAS	18

TABLA DE CUADROS y GRÁFICAS

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Metodología de pronostico</i>	8
Figura 2	<i>Ventas de pingos correspondiente a 200 meses</i>	9
Figura 3	<i>Ventas de productos de 200 meses</i>	12
Figura 4	<i>Índice Ponderado de Errores Normalizados</i>	14
Figura 5	<i>Ejemplo de aplicación del modelo de gestión de inventarios EOQ</i>	16

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Análisis descriptivo de la serie de tiempo</i>	9
Tabla 2	<i>Métodos de pronósticos y forma de cálculo</i>	10
Tabla 3	<i>Resumen de resultados de características estadísticas</i>	13
Tabla 4	<i>Resultados de aplicación de modelo de gestión de inventarios</i>	15

Creación de políticas de inventarios a través de series de tiempo, un estudio de modelos de predicción

José Vinicio Corte Tenezaca, jcortema12@es.uazuay.edu.ec – Jonnatan Fernando Avilés González, javiles@uazuay.edu.ec

RESUMEN

La gestión de inventarios es un factor clave dentro de una empresa puesto que implica costos e impacta en la rentabilidad, por tanto, el manejo del inventario debe sustentarse en metodologías cuantitativas más no con un enfoque empírico porque es susceptible a errores en el análisis de costos y problemas en los tiempos de ejecución. Esta investigación fue no experimental bajo un enfoque cuantitativo de tipo longitudinal con alcance descriptivo y explicativo. El propósito fue el diseño de políticas de gestión de inventarios aplicadas a una empresa del sector de la construcción respaldadas en metodologías cuantitativas de modelos de predicción de la demanda.

Palabras clave.

Empresa, Series de tiempo, Predicción de la demanda, Cantidad Económica de Pedido, Gestión de inventarios

ABSTRACT

Inventory management is a key factor within a company since it involves costs and impacts profitability. Therefore, inventory management must be based on quantitative methodologies rather than an empirical approach, as it is susceptible to errors in cost analysis and problems in execution times. This research was non-experimental with a quantitative, longitudinal approach that was both descriptive and explanatory. The purpose was to design inventory management policies for a construction sector company, supported by quantitative methodologies of demand prediction models.

Keywords

Company, Time series, Demand forecasting, Economic Order Quantity, Inventory management



Dr. Sc. Jonnatan Avilés
Director

INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios se presenta en diversas actividades económicas, y parte del manejo de tales inventarios es efectuado por políticas internas de cada empresa, la suma de aquello trae beneficios en la eficiencia de la cadena de suministro que está relacionado a los costos permitiendo mejoras en el servicio al cliente mediante el abastecimiento de la demanda y ventajas competitivas respecto a empresas del sector.

La toma de decisiones bajo supuestos subjetivos es una práctica común ante poca información disponible o el reducido análisis de aquella disponible, aspecto que puede ocasionar errores en la administración empresarial, parte de ello un nivel inexacto en el abastecimiento de producto para la demanda de los clientes ocasionando escenarios como el exceso o el faltante de ítems pues esto se relaciona directamente con costos y rentabilidad en la entidad.

La demanda al ser un factor clave en la gestión de inventarios debe preverse, esto es factible a través de métodos cuantitativos vinculados con series de tiempo, como ejemplo de ello se tiene métodos como suavización exponencial simple, método Croston o Teunter, para realizar pronósticos que posteriormente brinden certidumbre de comportamiento futuros de la demanda a fin de generar políticas de gestión para el inventario facultando la mejora en la planificación del sistema de control de inventario.

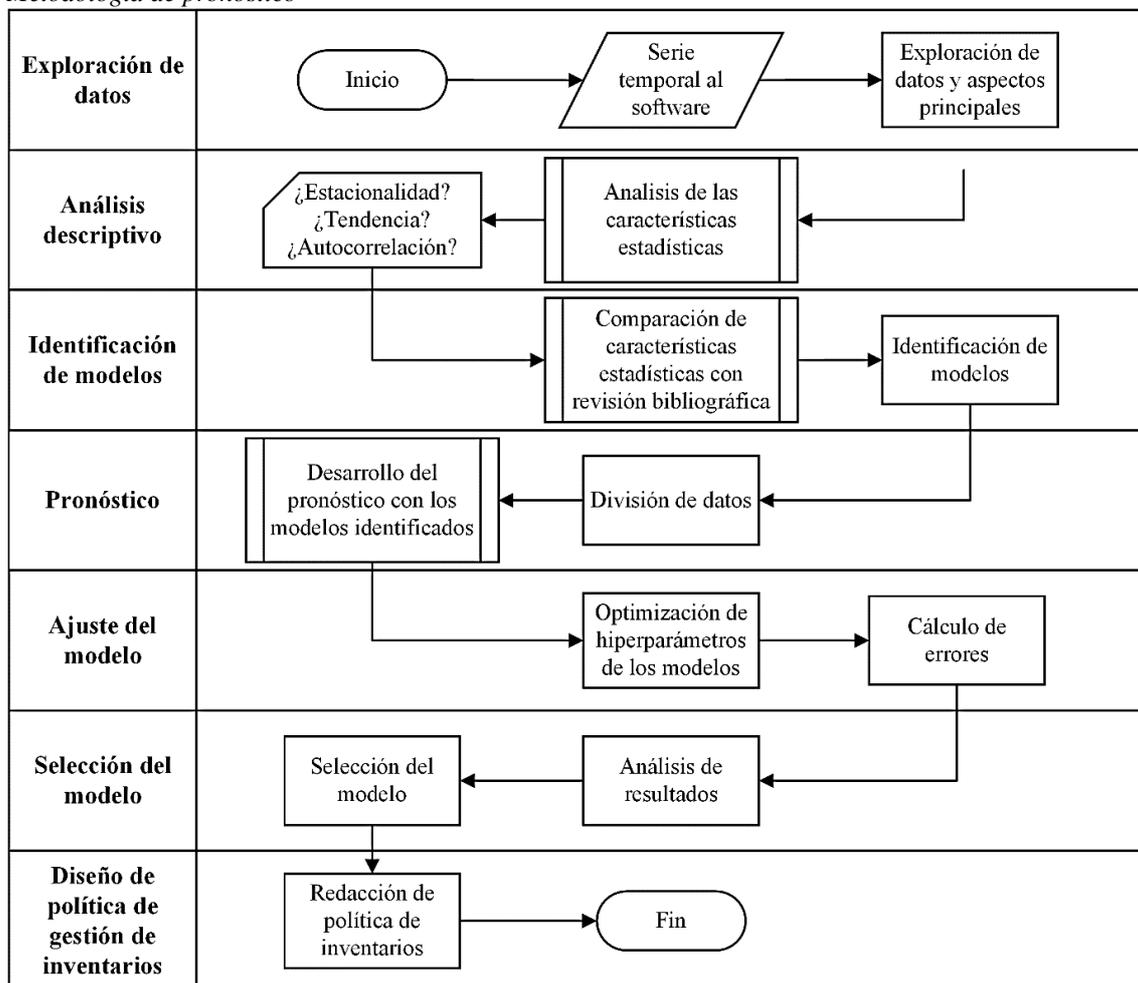
Lo mencionado ha motivado el desarrollo del presente documento a fin de establecer políticas sustentadas en métodos cuantitativos que posibiliten la mejora en la gestión del inventario de una empresa del sector de la construcción, de manera que esta obtenga los beneficios indicados previamente.

El documento está organizado de la siguiente manera, en primer lugar la introducción, se continúa con la descripción de la metodología usada, más adelante se aborda los resultados, así como la discusión de estos y finalmente se establecen las conclusiones del trabajo.

METODOLOGÍA.

A continuación, la Figura 1 muestra el proceso seguido mediante un flujograma, este proceso está estructurado como una guía indicando paso a paso las actividades de forma sistemática, posibilitando una mejor comprensión y direccionamiento del problema, así como la identificación de contratiempos durante el proceso de manera que se puedan realizar ajustes y mejoras influyendo en la minimización de errores, en la eficacia de las predicciones, el aumento de la utilidad práctica de los modelo y mejoría en la interpretación de resultados que finalmente permitan el diseño de las políticas de inventarios.

Figura 1
Metodología de pronóstico



Fuente: Elaboración Propia basado en García, 2016

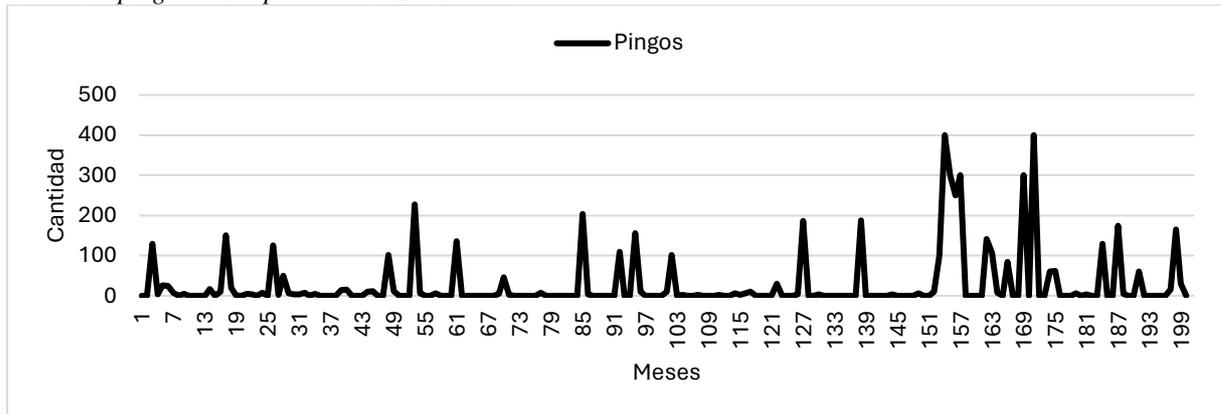
Exploración de Datos

Se reviso los datos para constatar la cantidad de productos, de datos, longitud de la serie, unidades vendidas de cada producto, unidad de tiempo expresado y el comportamiento de la serie.

Análisis Descriptivo

Se visualizó gráficamente los datos mediante líneas, posterior se calculó características estadísticas lo cual posibilita la identificación de patrones, tendencias y estacionalidad.

Figura 2
Ventas de pingos correspondiente a 200 meses



Nota. El gráfico representa las ventas de pingos durante 200 meses expresado en unidades.

Tabla 1
Análisis descriptivo de la serie de tiempo

Características Estadísticas	Fórmula
Media	$\bar{Y} = \frac{\sum_{t=1}^n Y_t}{n}$
Desviación estándar	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}{n - 1}}$
Coefficiente de variación	$\frac{\sigma}{\bar{Y}_t}$
Pendiente	$y = mx + b$
Intersección con el eje	
	ACF:
	$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$
	Error estándar:
Función de autocorrelación (ACF)	$s(r_k) = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} r_j^2}{n}} \quad \frac{1}{\sqrt{n}}$
	Límites de confianza: $L_i = 0 + t_{\alpha/2} s(r_k)$
	PACF:
Función de autocorrelación parcial (PACF)	$Corr(X_t, X_{t+k} X_{t+1} + X_{t+2}, \dots, X_{t+k-1})$
	Límites de confianza: $L_i = 0 + \frac{t_{\alpha/2}}{\sqrt{n}}$

Fuente: Elaboración propia basado en Nava, 2013, García, 2016, Holguín, 2009 & García-Sabater, 2020

Lo indicado en la Tabla 1 se realizó en el software Excel, con funciones de PROMEDIO, DESVESTA, PENDIENTE, INTERSECCIÓN CON EL EJE,

ESTIMACIÓN LINEAL, INV.T, RAIZ, MMULT y MINVERSA, por otro lado, en se usó R Studio, las funciones de ACF y PACF para observar la autocorrelación.

Identificación de Modelos

En función de los resultados del análisis descriptivo, se seleccionó modelos de pronóstico que se ajusten a los datos conforme una breve revisión bibliográfica, si la serie estacional o no, intermitente, con tendencia y autocorrelación, por lo cual, se estableció los siguientes modelos:

- Suavización Exponencial (Simple, Doble o Modelo de Holt y Triple o Modelo de Holt-Winters)
- Método de Croston
- Método de Teunter, Syntetos & Babai

Pronóstico

Tabla 2
Métodos de pronósticos y forma de cálculo

Método	Ecuaciones	Forma de cálculo
Suavización Exponencial simple (SES)	$F_{t+1} = \alpha F_t + \alpha(Y_t - F_t)$	Funciones <i>ses()</i> y <i>holt()</i> de la librería <i>forecast</i> ingresando parámetros de cantidad de predicciones, nivel de confianza y de constantes de suavizado.
Suavización Exponencial Doble (SED) o de Holt	$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $F_{t+m} = L_{t+m} + b_t m$	Función <i>hw()</i> , con parámetros de cantidad de ciclos, predicciones y nivel de confianza.
Suavización Exponencial Triple (SET) o de Holt-Winters	$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$ $F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$	Función <i>hw()</i> , con parámetros de cantidad de ciclos, predicciones y nivel de confianza.
Método de Croston (CRO)	$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1}$ $\hat{z}_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1}$ $F_{t+1} = \hat{z}_t / \hat{n}_t$	Función <i>crost()</i> de la librería <i>tsintermittent</i> , ingresando el número de periodos a predecir.
Método de Teunter, Syntetos & Babai (TSB)	<i>Demanda no nula:</i> $\hat{D}_{t+1} = (1 - \alpha)\hat{D}_t + \alpha \hat{D}_t$ <i>Demanda nula:</i> $\hat{D}_{t+1} = \hat{D}_t$ $\hat{P}_{t+1} = (1 - \beta)\hat{P}_t + \beta s_t$ $F_{t+1} = \hat{D}_{t+1} + \hat{P}_t$	Función <i>tsb()</i> , ingresando el número de periodos a predecir.
Notación Descripción		
F_t	Predicción del periodo t	
Y_t	Valor observado	
L_t	Estimación del nivel	
b_t	Estimación de la tendencia	
S_t	Estimación de la estacionalidad	
n_t	Número de periodos transcurridos desde la última demanda mayor a 0 hasta el periodo t	
\hat{n}_t	Valor estimado de n al final del periodo t	
\hat{z}_t	Valor estimado de z al final del periodo t	
α, β, γ	Constantes de suavizado ($0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$)	
\hat{D}_t	Previsión de la demanda no nula para el periodo t	
\hat{P}_t	Pronóstico de la probabilidad de demanda positiva en el periodo t	
s_t	Variable que indica si hay o no demanda positiva en el periodo t	

Fuente: Elaboración propia: basado en Hemeimat, 2016 & Teunter et al, 2011

Previo a realizar el pronóstico se dividió los datos sin incluir los últimos 12 y 24 datos para observar el ajuste, es decir comparar el error de pronóstico respecto del valor observado, a fin de seleccionar el modelo con menor error; se usó el software R Studio con las funciones y argumentos de optimización de hiperparámetros (α , β , γ) descritos en la Tabla 2.

Ajuste del Modelo

Se comparó los errores del pronóstico con los valores observados, en R Studio se usó la función de *summary()* lo cual indica el valor de las constantes de suavizado, las variables de inicio de la predicción, constantes de suavizado y los errores del pronóstico ME, RMSE, MAD y MAPE.

Selección del Modelo

Para validar el modelo se tomó en consideración dos aspectos principales:

- Media Absoluta del Error (MAE) Comparación de las predicciones con el valor observado.
- Raíz del error cuadrático medio (RMSE)
- Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)

Ante la diversidad de las métricas de error usadas, la comparación fue menos factible, por lo tanto se normalizo los errores, dividiendo a cada valor de error de cada rango de datos (12, 24, 176, 188 y 200) para el mínimo de cada método y métrica de error usada, a pesar de ello al existir variabilidad en la cantidad de datos se les asigno un peso conforme el tamaño de cada uno, es decir se pondero cada uno y se sumó los resultados, obteniendo el Índice Ponderado de Errores Normalizados con ello la elección del modelo más preciso se basó en el que presentaba el menor valor de los resultados obtenidos.

Diseño de Política de Gestión de Inventarios

En base a las predicciones realizadas y con datos de costo fijo de ordenamiento (A), de mantener el inventario (r), tasa de demanda del ítem (D), valor unitario del ítem (v), tamaño de pedido (Q).

1. Se calculó el tamaño óptimo de pedido con a través de EOQ o $Q = \sqrt{2AD/vr}$,
2. Se calculó del costo total relevante $CTR = (AD/Q) + (Q/2)vr$
 - a. Al no contar con los datos de costos de la empresa se realizó lo siguiente:
 - i. Se identifico empresas del sector con el mismo giro del negocio
 - ii. Se recurrió a datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para obtener datos de costos necesarios para la aplicación del modelo EOQ.
 - iii. Se extrapoló los datos de costos usando la variabilidad del Producto Interno Bruto del país.
3. Análisis e interpretación de los resultados para el diseño de políticas enfocado a la revisión del inventario con cierta periodicidad, acciones acordes al nivel del inventario y las órdenes a generar.

RESULTADOS.

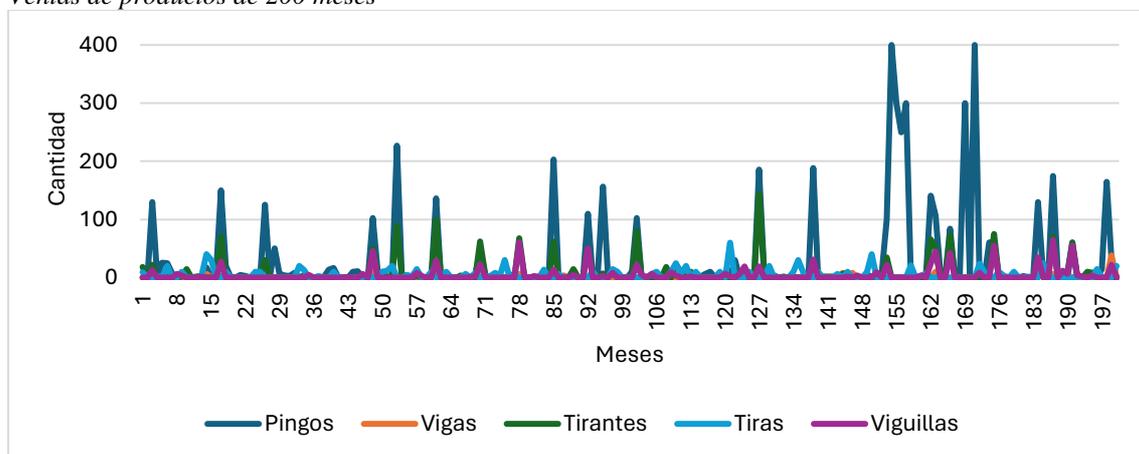
Los resultados se basan en una metodología que sigue procesos orientados a modelar una serie temporal, que faculte la predicción de comportamientos futuros y permita el diseño de políticas de manejo de inventario, se inicia con una exploración de los datos, identificando patrones y tendencias, para posterior identificar modelos aplicables al comportamiento de las series para aplicarlos y ajustarlos de la manera más precisa a los datos observados, puesto que esto permite seleccionar al modelo con menores errores, asegurando la capacidad de generalizar y pronosticar con precisión, finalmente se presenta proyecciones resultantes, que pueden ser tomadas como base para la toma de decisiones en la gestión del inventario con las políticas diseñadas para optimizar la eficiencia operativa.

Exploración de Datos

Al efectuar la revisión de los datos se constató que se disponía de 5 productos de los cuales la serie de tiempo de cada uno de ellos contó con 200 datos es decir la longitud de la serie fue de 200 meses, asimismo se observó que proporcionalmente durante todo este tiempo las ventas con mayor influencia fue pingos con el 60%, luego tirantes con el 18%, viguillas y tiras con el 10% y vigas con el 2% restantes, al analizar gráficamente se vio series con intermitencia en otras palabras la venta de algunos meses fue de 0 unidades.

Análisis Descriptivo

Figura 3
Ventas de productos de 200 meses



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3 se pudo evidenciar que todos los productos presentan intermitencia, con ciertos periodos de alta demanda y otros en los cuales esta es baja o no existió, sin embargo, para determinar métodos de previsión que se ajusten a estos comportamientos fue necesario revisar ciertas características estadísticas como: media, desviación estándar, coeficiente de variación, pendiente y autocorrelación.

Tabla 3
Resumen de resultados de características estadísticas

Características Estadísticas	Pingos	Vigas	Tirantes	Tiras	Viguillas
Coefficiente de variación	2.57	3.61	2.65	1.98	2.67
Pendiente	0.2046	0.0061	0.1269	-0.1158	0.3999
Autocorrelaciones positivas (significativas)	Correlación 1, 2, 15, 16 y 17 periodos separados	Ninguna correlación	Correlación 17 periodos separados	Ninguna correlación	Correlación 12 periodos separados
Autocorrelación Parcial (significativas)	Correlación 1 y 2 periodos separados	Ninguna correlación			Correlación 9 y 12 periodos separados

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3, el coeficiente de variación mostro un valor superior a 1 es decir que las series de tiempo de estos productos eran erráticas (Vidal Holguín, 2017, p.58), con el análisis de la pendiente se encontró que las series contaban con tendencia positiva, pero únicamente tiras con tendencia negativa, asimismo se muestran los ítems que presentaron correlaciones significativas, pingos, tirantes y viguillas, por otra parte, en las autocorrelaciones parciales se vio significancia en pingos y viguillas, en otras palabras el comportamiento responde a patrones recurrentes en ciertos momentos del año, facultando un enfoque más específico para la identificación de modelos ajustables a estos comportamientos.

Identificación de Modelos

Con base en el análisis del coeficiente de variación se identificó el método Croston (CRO) aplicable para series erráticas o intermitentes como lo menciona el mismo autor, además con la revisión bibliográfica realizada se encontraron enfoques relacionados como el método de Teunter-Syntetos-Babai (TSB), en el segundo análisis de pendiente, intersección y autocorrelaciones se determinó la aplicabilidad del método de Holt (H) al observar tendencia en la serie, puesto que este método es apropiado dado el diseño para capturar y modelar tendencias.

El modelo de Holt-Winters (HW) dado el análisis de la serie en la cual se observó patrones recurrentes y estacionarios resultó ser también una elección factible, asimismo se destaca el uso de suavización exponencial simple (SES) como parte de la metodología aplicada y relacionada con a los métodos mencionados, en resumen, los métodos usados fueron:

- Suavización exponencial simple
- Holt
- Holt-Winters
- Croston
- Teunter-Syntetos-Babai

Pronóstico

Los pronósticos obtenidos se calcularon en tres grupos de datos, 176 meses, 188 meses y 200 meses, los dos primeros se usaron para comparar las predicciones con los datos reales contribuyendo a la selección del modelo con menores errores. Para el cálculo de predicciones se usó los 5 modelos descritos previamente a cada producto.

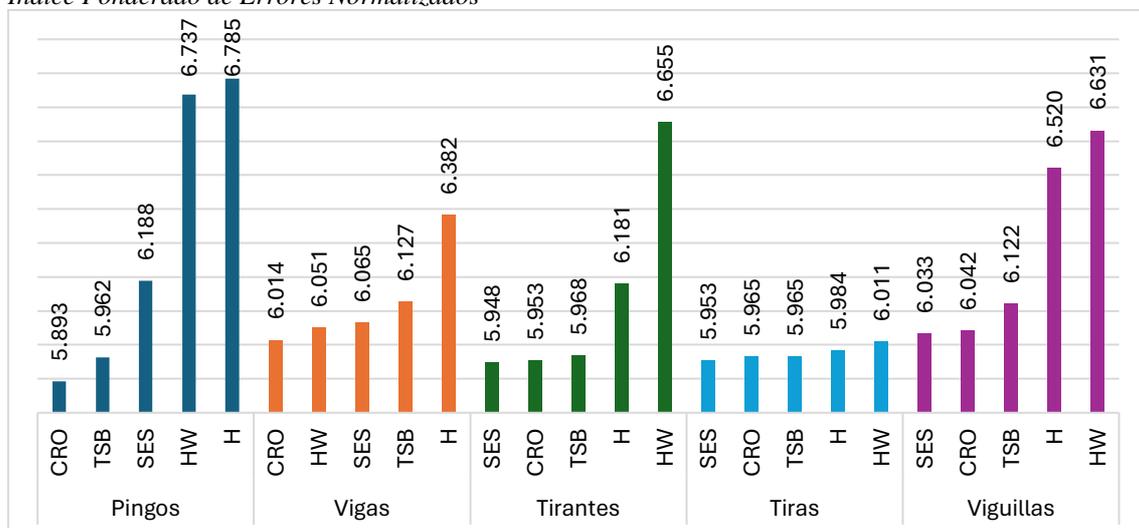
Durante el pronóstico se observaron predicciones negativas en algunos casos como Vigas, Tiras y Viguillas en HW, puesto que al tratarse de un modelo que captura la estacionalidad, presenta fluctuaciones en la serie en el cual algunos valores donde la demanda fue 0 o exista un periodo cercano con demanda 0, presentó predicciones negativas, lo cual denota una debilidad de este modelo, en los demás modelos no se evidencio este comportamiento a excepción de límites inferiores en SES y H.

En los resultados se observó que a lo largo de las divisiones en los tres grupos de datos existió una notoria estabilidad en los pronósticos a lo largo de la serie, evidenciando que la variación en la cantidad de datos en cada modelo tuvo un impacto menor, exceptuando predicciones para $t + m$ periodos, puesto que al proyectar más allá del último dato conocido, la capacidad de predicción de los modelos se vio más influenciada por la suavización, puesto que las constantes de suavizado se acercaron a 0 a saber que para realizar las predicciones le dieron importancia a las tendencias a largo plazo, dando menos peso a observaciones recientes, es decir el suavizado fue más lento.

Ajuste del Modelo

Dada la diferencia entre las métricas de Media Absoluta del Error (MAE), Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE), fue necesario normalizar los errores de los modelos usados y las métricas, no obstante, puesto que se trabajó con cantidades de datos diferentes también se efectuó una ponderación para cada uno de ellos, lo cual al sumar el valor de cada métrica normalizada posibilita una comparación de los métodos usados y observar el mejor ajuste de estos, en la Figura 4 se muestran las comparaciones realizadas se observó un mejor ajuste en tres métodos en particular, Suavización Exponencial Simple, Croston y Teunter-Syntetos-Babai.

Figura 4
Índice Ponderado de Errores Normalizados



Fuente: Elaboración propia

Selección del Modelo

Posterior a la evaluación de los modelos por producto, se encontró que los menores índices ponderados de errores normalizados fueron los siguientes:

- Pingos: Croston
- Vigas: Croston
- Tirantes: Suavización Exponencial Simple
- Tiras: Suavización Exponencial Simple
- Viguillas: Suavización Exponencial Simple

Estos modelos mostraron mejor capacidad para capturar el comportamiento de la serie.

Diseño de Política de Gestión de Inventarios

Al realizar el cálculo del tamaño de pedido en unidades, se usó las predicciones que brindaron los modelos Croston y Suavización Exponencial Simple conforme cada producto para la tasa de demanda del ítem, asimismo al no contar con datos de la empresa para los costos de mantenimiento de inventario (r) y Costo de ordenamiento (A) se recurrió a datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para obtener estos valores de empresas con una actividad económica similar, en esto también se usó el crecimiento del PIB nacional para extrapolar los datos de forma que concuerde con la longitud de datos que contaba inicialmente, en función del crecimiento que este ha tenido.

Una vez se contó con los datos necesarios se efectuó el cálculo como se muestra en la Figura 5. Se encontró que el tamaño de pedido de unidades más alto fue de pingos, relacionado a que este fue el producto con mayores ventas de los datos originales, asimismo el costo total referencial en total de todas las unidades fue de 9,032.61, con los resultados de la

Tabla 4 se dio paso a la creación de las políticas de manejo de inventario, las mismas que se detallan posteriormente.

Tabla 4
Resultados de aplicación de modelo de gestión de inventarios

Parámetros	Pingos	Vigas	Tirantes	Tiras	Viguillas	Total
A	1,405.65	53.92	414.37	225.64	227.73	2,327.31
D	288	12	95	52	77	524
r	8.33%	8.33%	8.33%	8.33%	8.33%	8.33%
v	334.67	334.67	520.54	520.54	520.54	2,230.96
Q	170	7	43	23	28	271
$CTR(Q)$	4,751.92	190.05	1,848.09	1,008.99	1,233.56	9,032.61

Fuente: Elaboración propia

Políticas de Gestión de Inventario

- Revisar el inventario continuamente para cuando el nivel de inventario llega a 0 se deberá realizar los siguientes pedidos:
 - o Pingos: Ordenar la cantidad de 170 unidades;
 - o Vigas: Ordenar la cantidad de 7 unidades;
 - o Tirantes: Ordenar la cantidad de 43 unidades
 - o Tiras: Ordenar la cantidad de 23 unidades

- Viguiillas: Ordenar la cantidad de 28 unidades.

Figura 5

Ejemplo de aplicación del modelo de gestión de inventarios EOQ

Costo fijo de ordenamiento (A)	Fletes y Gastos de Transporte	835.70
	Combustibles y Lubricantes	475.19
	Comisiones Pagadas a Terceros	2.90
	Materiales de Oficina	91.85
	Total	1,405.65
Costo de mantener el inventario (r)	Trabajos de Reparación y Mantenimiento por Terceros	1,890.22
	Energía Eléctrica Comprada	358.16
	Gastos por Alquileres	1,294.90
	Primas de Seguro	696.93
	Total	4,240.21
	% Anual	0.0833
Tasa de demanda del ítem (D)	Obtenido por pronóstico por Croston	≈288
Valor unitario del ítem (v)	Madera tratada químicamente (postes)	334.67
Aplicación:		
Datos:	$EOQ \text{ o } Q = \sqrt{2AD/vr}$	$CTR = (AD/Q) + (Q/2)vr$
A = 1,405.65	$Q = \sqrt{\frac{2 \times 1,405.65 \times 288}{334.67 \times 0.0833}}$	$CTR(Q) = \frac{1,405.65 \times 288}{170} + \frac{170}{2} \times 334.67 \times 0.0833$
r = 8.33%	$Q = \sqrt{29,031.162}$	$CTR(Q) = 2,381.338 + 2,370.579$
D = 288	$Q = 170.385$	$CTR(Q) = 4,751.92$
v = 334.67	$Q \approx 170$	El tamaño de pedido es de 170 unidades con un costo total relevante del producto es 4,751.92

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, se efectuó bajo la predicción de series de tiempo para evaluar la demanda de cinco productos de una empresa dedicada a comercializar materiales de construcción. Al complementar este análisis, se estuvo en la necesidad de recopilar de información adicional relacionada a los costos para la construcción del modelo EOQ (Economic Order Quantity), lo cual facultó el diseño de políticas de manejo de inventario que permitirán bajo un nivel mayor de certidumbre proporcionar una basé sólida para la toma de decisiones lo cual fomentara la optimización de la cadena de suministro y mayor eficiencia operativa.

CONCLUSIÓN

Los datos de una empresa del sector de la construcción con enfoque a estructuras referente a los ítems del inventario posibilitaron el análisis e interpretación respectivo a través de series de tiempo a fin de comprender la importancia de la distribución y variabilidad estacional de las ventas de aquellos productos.

El análisis de los datos, a través de la revisión de características estadísticas, permitió la identificación de la intermitencia, estacionalidad y tendencia dentro de la serie temporal. Esta metodología facilitó la identificación de modelos específicos para la predicción de la demanda, en línea con la revisión bibliográfica realizada. Asimismo, se observó que los modelos otorgaron una mayor relevancia a la tendencia general que los comportamientos recientes.

Por otro lado, el análisis de errores reveló que, debido a la intermitencia inherente de la serie temporal, las predicciones fueron menos precisas. Por consiguiente, en la selección del modelo se optó por aquel con el menor error ponderado y normalizado. Este proceso llevó a la elección del método de Croston y la Suavización Exponencial Simple. Como posible mejora en este aspecto, se propone la utilización de métricas adicionales para la medición de errores, así como la inclusión de un conjunto de datos de entrenamiento más amplio. Además, se sugiere la aplicación de ponderaciones y normalizaciones para permitir una comparación más fiable entre los modelos, al aumentar la cantidad de datos disponibles para el análisis.

El diseño de políticas en la aplicación del modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido) se vio una desventaja en la identificación de datos relacionados con los costos asociados a la gestión del inventario. Como resultado, se recurrió a fuentes de información secundaria provenientes de empresas dentro del mismo sector empresarial. Estas fuentes facultaron la extrapolación, ajustados con el crecimiento del Producto Interno Bruto nacional, para llevar a cabo los cálculos requeridos por el modelo mencionado.

El tamaño óptimo de pedido para cada producto se determinó con el propósito de establecer políticas de gestión de inventario. Estas políticas incluyen la revisión continua del inventario y la realización de pedidos cuando los niveles de inventario alcanzan ciertos umbrales predefinidos. Como sugerencia dichas políticas pueden ser ajustadas según los cambios en el entorno y la gestión interna de la empresa, con el objetivo de minimizar costos y satisfacer la demanda del mercado de manera oportuna y rentable.

En resumen, el uso de métodos cuantitativos para el establecimiento de políticas de gestión de inventarios proporciona una estrategia decisiva en la toma de decisiones con mayor certidumbre. Esto se traduce en una visión más clara de la empresa, permitiendo una gestión eficiente de recursos y logística.

REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2022). *PIB (US\$ a precios actuales) - Ecuador*. Obtenido de Grupo Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?end=2022&locations=EC&start=2015>
- Castro Zuluaga, C. A. (2003). Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. *Tecnura*, 83-93. doi:10.14483/22487638.6171
- Cruz, R. S., & Correa, C. (2017). Previsión de demanda intermitente con métodos de series de tiempo y redes neuronales artificiales: Estudio de caso. *DYNA*, 9-16. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.63141>
- Franco Ortega, M. (27 de julio de 2023). *Depósito de Investigación Universidad de Sevilla*. Obtenido de Universidad de Sevilla. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas I: <https://idus.us.es/handle/11441/148240>
- García Díaz, J. C. (2016). *Predicción en el dominio del tiempo: análisis de series temporales para ingenieros*. Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/uazuay/titulos/57439>
- García-Sabater, J. P. (2020). *Introducción a los Sistemas de Planificación y Control de Operaciones. Nota Técnica RIUNET Repositorio UPV*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/138801>
- Gonzalez, A. (2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 133-142. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000100133>
- Hemeimat, R., Al-Qatawneh, L., Arafeh, M., & Masoud, S. (2016). Forecasting Spare Parts Demand Using Statistical Analysis. *American Journal of Operations Research*, 113-120. doi:<http://dx.doi.org/10.4236/ajor.2016.62014>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2015). *Manufactura y Minería*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Manufactura/Manufactura_2015/Tomo_I/2015_EMM_Tabulados.xlsx
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (Enero de 2024). *Índice de Precios de la Construcción*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPCO/2024/enero/2.TAB_EXCEL_ENE%202024.zip
- Nava, A. (2013). *Procesamiento de series de tiempo: (2 ed.)*. México: FCE - Fondo de Cultura Económica. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/uazuay/titulos/37737>
- Quisnancela, J., Bolaños, G., Campaña, A., Carrillo, P., Guerrón, F., & Nieto, B. (Octubre de 2023). *IPCO Índices de Precios de Materiales, Equipo y Maquinaria de la Construcción Boletín No. 283 Octubre, 2023*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censo: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/IPCO/2023/Octubre/1_IPCO_BOLETIN_OCT_2023.pdf
- Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Babai, M. Z. (2011). Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence. *European Journal of Operational Research*, 606-615. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.018>

- Vidal Holguín, C. J. (2017). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali: Universidad del Valle.
- Villavicencio, J. (2010). *Introducción a series de tiempo*. Puerto Rico.
- Yuseff M, N. D., Alvarado Q., E. J., Cardona M., J. J., & García O., H. A. (2020). *Gestión de inventarios, gestión del conocimiento, gestión de mantenimiento*. Editorial Universidad Icesi. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/uazuay/titulos/170747>