

DETERMINACIÓN DE DEMANDAS DE CLIENTES ANTICIPADAS CON LA UTILIZACIÓN DE MODELOS DE PRONÓSTICOS PARA LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTO MÉDICO

DETERMINATION OF ANTICIPATED CUSTOMER DEMAND WITH THE USE OF FORECAST MODELS FOR PLANNING THE PRODUCTION OF MEDICAL PRODUCTS

Carlos Antonio Fernández Muñoz¹, Manuel Alonso Rodríguez Morachis²,
Luz Elena Terrazas Mata³, Francisco Zorrilla Briones⁴

¹Ingeniero en Sistemas Computacionales. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. fernandezmunozcarlos@gmail.com. Tel. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

²Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. mmorachis@itcj.edu.mx. Tel. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

³Doctora en Ciencias de la Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. lterrazas@itcj.edu.mx. Tel. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

⁴Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. fzorrilla@itcj.edu.mx. Tel. 6566882500. Av. Tecnológico No. 1340, Fraccionamiento El Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32340.

Resumen -- La fase de planeación es esencial para cualquier empresa manufacturera, en base a una buena planeación se toman decisiones en todos los departamentos que la integran, como por ejemplo recursos humanos, infraestructura, capacidad instalada, solo por mencionar algunos. Esto depende en gran medida del conocimiento de la demanda de ventas que se tendrá en el periodo a planear. El presente artículo es el resultado de una investigación realizada en una empresa manufacturera del ramo médico en Ciudad, Juárez, Chihuahua. Su mayor problema es el desconocimiento de la demanda de forma anticipada, ocasionando problemas de inventarios, capacidad de producción y entregas a tiempo a los clientes, entre otros. A través del presente estudio se pretende analizar el comportamiento de ventas de uno de los productos con mayor oportunidad de mejora, buscando el mejor modelo de pronóstico y con esto ayudar a preparar una planeación óptima. Para lo anterior, se colectaron datos históricos de 38 meses del artículo a investigar, revisando el comportamiento de los mismos y utilizar el modelo de pronósticos al cual se ajustan, verificando y validando por un periodo de 4 meses. El resultado obtenido fue obtener un pronóstico más asertivo e incrementar la entrega de órdenes de clientes a tiempo del 50% al 80%.

Palabras Clave -- Pronósticos, producto médico, series de tiempo, método de Holt, método de Holt-Winters.

Abstract -- The planning phase is essential for any manufacturing company, based on good planning, decisions are made in all the departments that comprise it, such as human resources, infrastructure, installed capacity, just to mention a few. This depends largely on the knowledge of the sales demand that will be had in the period to be planned. This paper is the result of an

investigation carried out in a manufacturing company in the medical field in Ciudad, Juárez, Chihuahua. Its biggest problem is the lack of knowledge of the demand in advance, causing inventory problems, production capacity and timely deliveries to customers, among others. Through this study, it is intended to analyze the sales behavior of one of the products with the greatest opportunity for improvement, looking for the best forecast model and with this help to prepare an optimal planning. For the above, historical data of 38 months of the article to be investigated were collected, reviewing their behavior and using the forecast model to which they fit, verifying and validating for a period of 4 months. The result obtained was to obtain a more assertive forecast and increase the delivery of customer orders on time from 50% to 80%.

Key words -- Forecast, medical product, time series, Holt method, Holt-Winters method.

INTRODUCCIÓN

La planificación de la producción establece lo que puede ser fabricado con los recursos que se dispone y sus necesidades; es uno de los procesos más importantes en el día a día de las empresas de manufactura.

A su vez, permite conocer las horas de trabajo necesarias para producir, los movimientos de inventario, lo necesario para embarcar el producto terminado y el desgaste que se presentara de las maquinas involucradas en los distintos procesos de producción, esto solo por mencionar algunas variables que dependen de este proceso.

Debido a esto, es importante tener un proceso estándar que guíe a los planeadores de producción a llevar a cabo su tarea de manera sistemática involucrando todo lo necesario para que se tomen decisiones eficientes que mejoren la productividad y reduzcan costos en los diferentes procesos.

Para una planeación eficiente es indispensable contar con datos confiables de la demanda futura, al contar con demandas inciertas una forma de obtener datos asertivos es mediante modelos de pronóstico.

El presente trabajo está enfocado en una planta de manufactura en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, en el área de electrónicos en las celdas que por su naturaleza solo manufacturan un tipo de producto.

La situación actual de la empresa reflejada en los métricos de la compañía no es alentadora, estando por debajo del 50% de órdenes entregadas a tiempo a los diferentes clientes, ya sean cliente final u otro sitio de manufactura dentro de la misma compañía.

Una de las principales razones por las cuales la organización experimenta en este tipo de problemática es por una mala planeación de producción, siendo creada de forma no sistematizada, basándose en la experiencia del planeador de producción, debido a que no se cuenta con una fuente confiable de los requerimientos de los clientes con antelación.

Debido a lo anterior, al planeador de producción solo le es posible generar el plan para el día en curso, muchas veces de forma ineficiente, ya que algunas ocasiones se excede la capacidad de la línea lo que genera tiempo extra innecesario.

A su vez, al intentar mejorar el métrico de entrega a tiempo, el planeador de producción erróneamente hace caso omiso a ordenes vencidas, quedando rezagadas ocasionando quejas del cliente ya que su producto no estuvo a tiempo. Cabe mencionar que al ser producto médico hay vidas que dependen de que el producto esté en el lugar correcto el día que se solicitó.

La investigación está enfocada en responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la metodología de pronósticos más apropiada y confiable para determinar los requerimientos de los clientes que ayude a eficientizar los planes de producción? A su

vez, en corroborar la hipótesis: La metodología de pronósticos cuantitativos determinará la demanda de los clientes de una manera confiable y eficiente para elaborar los planes de producción.

MARCO TEÓRICO

Una cadena de suministro se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, para satisfacer la petición de un cliente. Se incluye tanto al fabricante y proveedores como a los transportistas, almacenistas, vendedores hasta llegar al cliente mismo [1].

De acuerdo con lo anterior, se requieren aplicar algunos principios fundamentales de planeación, en donde se busque maximizar la utilidad de cada una de las etapas de la cadena de suministro y a su vez controlar el proceso que lo origina.

La planeación es un componente de cualquier organización de manufactura que interactúa con el resto de la organización, las decisiones en ella tomadas afectan la producción y viceversa. Dentro de esta actividad se determina lo que es necesario producir de acuerdo con las necesidades del mercado y con esto los recursos necesarios para lograr la producción determinada, ya sean recursos humanos, maquinaria, lugar entre otros.

En contextos industriales, la demanda es cada vez es más incierta, además de que numerosos factores se han encontrado en tal fenómeno, debido a que se quiere cumplir con la satisfacción del cliente [2].

De acuerdo con lo que se menciona en [3], un pronóstico puede definirse como el resultado de la aplicación de un método de predicción, en el que partiendo de determinadas series de datos se formula una proyección en el futuro con el objetivo de evaluar la ocurrencia probable de cualquier acontecimiento o el desarrollo de una tendencia.

El pronóstico de la demanda de los clientes inicia la actividad de planeación y control de la producción (PCP). Las compras comunican al sistema de producción los insumos proporcionados por los proveedores externos. La planeación a largo plazo garantiza que la capacidad futura será adecuada para cumplir con la demanda futura, y puede incluir equipo, personal y también materiales [4].

Para [5], la exactitud de los pronósticos afecta significativamente el rendimiento en general de toda la cadena de suministro. Cada departamento genera su proceso en respuesta de la señal de demanda. La exactitud del pronóstico mejorará significativamente la planeación de la producción, planeación de la capacidad, planeación de los requerimientos de materiales y niveles de inventario. Los pronósticos de la demanda forman la base de toda la planeación de la cadena de suministro [1].

La clave para entender los problemas de pronósticos es comprender el proceso. Para la demanda de un artículo es imposible conocer por completo el proceso, por lo que solo se puede esperar conocerlo cada vez mejor y hacer las suposiciones necesarias para crear los pronósticos. Para crear el pronóstico se examinan las características del problema, se analizan los datos y se establece una meta [6].

El inicio de los sistemas de planeación se da a partir de demandas reales o esperadas de los clientes, por lo que la producción deberá iniciar a partir de demandas esperadas basadas en pronósticos de las mismas [7].

Las aplicaciones de los diversos métodos de pronósticos son muy variadas; en áreas de la Ingeniería, ciencias sociales, ciencias económicas, ciencias de la salud, etc. en temas como; compra de materiales [8], control de inventarios [9] y [10], planeación de la producción [11] y [12], comportamiento de COVID-19 [12] y [14].

Promedios móviles. Este método es óptimo para patrones de demanda aleatorios, sin tendencia o estacionalidad observable y se utiliza cuando se desea darle mayor importancia a un conjunto de datos recientes y se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos. El método de promedio móvil se emplea cuando la demanda no tiene tendencia o estacionalidad observables [1]. La ecuación (1) se utiliza para el cálculo del pronóstico mediante promedio móvil.

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^n S_{t-i}}{n} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

F_t = Pronóstico para el periodo de tiempo t .

$S(t-i)$ = Demanda para el periodo i .

n = Número total de periodos de tiempo.

Suavización exponencial simple. De acuerdo con [15], las técnicas de suavizamiento exponencial son las más utilizadas, son parte integral de la mayoría de los programas computacionales de pronóstico. Es óptimo para patrones de demanda aleatorios o nivelados, donde se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en periodos de demanda reciente. La ecuación (2) se utiliza para el cálculo del pronóstico mediante suavización exponencial simple.

$$F_t = \alpha A(t-1) + (1-\alpha) F(t-1) \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

F_t = Pronóstico de la demanda para el periodo t .

$F(t-1)$ = Pronóstico para el periodo $t-1$.

$A(t-1)$ = Demanda real para el periodo de tiempo $t-1$

α = Constante de suavización ($0 \leq \alpha \leq 1.0$).

Método de Holt. Desarrollado por [16] y se aplica cuando existe una tendencia significativa en los datos históricos de demanda. Cuando la tendencia es significativa, los métodos de suavizamiento exponencial deben modificarse, en caso contrario, los pronósticos siempre estarán por arriba o por debajo de la demanda real [17]. El modelo de Holt utiliza las ecuaciones (3), (4) y (5) para el cálculo del pronóstico.

$$S_t = \alpha A(t-1) + (1-\alpha) (S(t-1) + T(t-1)) \quad \text{Ec. (3)}$$

$$T_t = \beta (S_t - S(t-1)) + (1-\beta) T(t-1) \quad \text{Ec. (4)}$$

$$F_t = S_t + T_t \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

F_t = Pronóstico con tendencia corregida para el "periodo" t .

S_t = Pronóstico inicial para el periodo t .

T_t = Tendencia para el periodo t .

A_t = Demanda real para el periodo de tiempo t .

B = Constante de ajuste de tendencia ($0 \leq \beta \leq 1.0$).

α = Constante de suavización ($0 \leq \alpha \leq 1.0$).

Método Winters. Este método fue desarrollado por [18] y es una extensión del método de Holt, además

de la tendencia considera efectos de las fluctuaciones en las series de tiempo (estacionalidad). Es importante cumplir con las siguientes condiciones para la aplicación de este método. Debe existir una razón conocida para los picos y valles periódicos en el patrón de la demanda y esta variación debe ser constante cada año y la variación estacional debe ser

mayor que las variaciones aleatorias. De acuerdo con [19], al analizar la demanda de ciertos productos de supermercado con índices estacionales es posible pronosticar la demanda mediante métodos de suavización con resultados confiables. Las ecuaciones (6), (7), (8) y (9) se utilizan para el cálculo del pronóstico de demanda mediante el método Winters.

$$S_t = \alpha \left(\frac{A_{t-1}}{I_{t-1-L}} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{Ec. (6)}$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_t \quad \text{Ec. (7)}$$

$$I_{t-1} = \gamma \left(\frac{A_{t-1}}{S_{t-1}} \right) + (1 - \gamma)I_{t-1-L} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$F_t = \xi_t + T_t I_{t-L} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

F_t = Pronóstico corregido en tendencia y estacionalidad para periodo t .

S_t = Pronóstico inicial para el periodo t .

T_t = Tendencia para el periodo t .

A_t = Demanda real para el periodo de tiempo t .

β = Constante de ajuste de tendencia ($0 \leq \beta \leq 1.0$).

α = Constante de suavización ($0 \leq \alpha \leq 1.0$).

γ = Constante de ajuste sobre el índice de Estacionalidad ($0 \leq \gamma \leq 1.0$).

I_t = Índice de estacionalidad para el periodo t .

L = Tiempo para una estación completa.

Error de pronósticos. El término error se refiere a la diferencia entre el valor de pronóstico y lo que ocurrió en realidad. En estadística estos errores se conocen como residuales [15].

La notación básica para el error en los pronósticos es:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

e_t = Error de pronóstico en el periodo t .

Y_t = Valor real en el periodo t .

$\hat{Y}_t$ = Valor del pronóstico en el periodo t .

Una medida del error de pronóstico es el error cuadrático medio (MSE, Mean Square Error, por sus siglas en inglés). Utilizar el MSE es una buena idea si se requiere comparar métodos de pronóstico si el costo de un error grande es mucho mayor que la ganancia derivada de pronósticos muy precisos [1].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

t = Número del periodo.

e_t = Error del periodo t .

n = Número total de periodos.

La desviación absoluta media (MAD, Mean Absolute Deviation, por sus siglas en inglés) mide la dispersión de un valor observado en relación con un

valor esperado. Se puede expresar la MAD matemáticamente de la siguiente manera:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

t = Número del periodo.

e_t = Error del pronóstico para el periodo t .

n = Número total de periodos.

DESARROLLO

Es importante recordar que la presente investigación se llevó a cabo en una empresa de manufactura que cuenta con sede en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, donde se pretende implementar un método de pronóstico cuantitativo que proporcione un cálculo de la demanda de forma anticipada a corto plazo y con esto generar una planeación de producción eficiente de acuerdo con los datos históricos obtenidos del producto PDM, seleccionado por su alto volumen, siendo uno de los productos con métricos por debajo de lo esperado.

Análisis de la demanda

Es necesario buscar patrones dentro de la demanda real del producto a investigar para poder seleccionar un método de pronóstico eficiente. Dichos patrones son la tendencia, estacionalidad y ciclicidad, esto con el fin de analizar estos patrones y determinar la técnica apropiada. El pronóstico debe ajustarse a los datos históricos para que sea funcional con los datos pronosticados del periodo futuro. Por medio del estudio de la tendencia de los datos, es posible visualizar un comportamiento de la demanda a futuro a mediano plazo. Para el análisis de la estacionalidad es necesario analizar los cambios que se presentan por temporada y son debido a influencias estacionales. La ciclicidad en la demanda se obtiene

determinando periodos de tiempo, regularmente de un año.

Prueba de métodos cuantitativos de pronóstico

Después del análisis de datos, para este estudio se decidió trabajar con métodos de pronóstico cuantitativos, ya que son modelos matemáticos que se basan en datos históricos y que permiten hacer una proyección futura de la demanda a corto plazo. Los métodos que se seleccionaron son Promedios Móviles, Suavización Exponencial Simple, Método de Holt y Método Holt-Winters.

Medición del error y selección del pronóstico adecuado

Después de la recopilación de los datos históricos e implementar los métodos de pronóstico cuantitativos mencionados, se obtiene el error del pronóstico que es la cercanía entre el pronóstico y la demanda real. Seguimiento y verificación de la técnica y resultados. Concluido cada periodo, es necesario seguir obteniendo la información de la demanda real con el fin de mantener actualizado el modelo, de esta manera se observará si el método de pronóstico seleccionado se continúa ajustando a los datos de demanda real y si el plan de producción es el óptimo en base a los requerimientos de la empresa.

Planteamiento de la hipótesis estadística

La hipótesis inicial del presente estudio es que la metodología de pronósticos cuantitativos determinara la demanda de los clientes de una manera confiable y eficiente para elaborar los planes de producción. Esto se puede plantear de manera estadística mediante el análisis de comparación de medias donde la media de los datos reales y la media de los datos pronosticados son estadísticamente iguales.

Adicional se planteará una prueba de varianzas para probar que el grado de dispersión de los datos es igual para los datos reales como para los datos pronosticados.

Lo anterior significa que se probará que la hipótesis que los datos se ajustan al pronóstico que al efecto proporciona el modelo. De no ser así se rechaza la hipótesis nula en favor de la alternativa y se concluiría que los datos reales no se ajustan a los datos pronosticados.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizaron 4 métodos de pronóstico promedios móviles, suavización exponencial simple, método de Holt y método Holt-Winters con la ayuda del software Minitab®, obteniendo resultados que arrojaron el método de pronóstico adecuado para la toma de decisiones.

El método de pronóstico de promedios móviles se descarta, ya que, aunque los valores de medición del error son bajos, el comportamiento de la demanda real en comparación con la demanda pronosticada es diferente en la mayoría de los periodos analizados.

El método Holt-Winters queda de la misma manera descartado por que el comportamiento de la demanda no presenta estacionalidad y al igual que promedios móviles el comportamiento de la demanda pronosticada es diferente a la demanda real. Este método se probó, solo con la intención de analizar alguna ciclicidad no perceptible que se pudiera presentar en el comportamiento de la demanda.

Al verificar el método de suavización exponencial simple, se observa que a mayor constante de suavización se obtienen mejores resultados en la comparación del comportamiento de la demanda real con la demanda pronosticada. De la misma manera que con suavización exponencial simple, el método de Holt presenta resultados favorables con constante de suavización para el nivel alta y constante de suavización para la tendencia baja, ya que la demanda presenta un ligero patrón de tendencia al alza.

Se puede concluir que tanto el método de suavización exponencial simple como el método de Holt con constantes de suavización para nivel alta ($\alpha = 0.90$ y $\alpha = 0.80$) y constante de suavización para tendencia baja ($\beta = 0.20$ y $\beta = 0.10$) son indicados para realizar un pronóstico confiable.

Para los periodos estudiados se eligió el método de Holt con constante de suavización para nivel de $\alpha = 0.80$ y constante de suavización para tendencia de $\beta = 0.10$ (figura 1) ya que, aunque el método de suavización exponencial simple presenta un error menor tanto en MAD como en MSE, el comportamiento de la demanda presenta una tendencia ascendente.

Después de seleccionado el método de pronóstico más asertivo para el producto analizado se procedió a probar la hipótesis estadística mediante una prueba



de comparación de medias y de comparación de varianzas donde las muestras corresponden a la demanda pronosticada y la demanda real.

Al realizar la prueba de normalidad de Anderson-Darling, se observa que los datos analizados siguen una distribución normal al obtener un valor de P (P-Value = 0.462) mayor a 0.05 por lo tanto, es posible utilizar pruebas paramétricas de comparación de muestras. De acuerdo con el valor P (P-Value = 0.950) mostrado en la figura 2 se asumen medias iguales por lo tanto es aceptada la hipótesis nula. En la figura 3 se observa el diagrama de cajas comparando las medias de demanda y pronóstico respectivamente.

En base al resultado de la prueba de hipótesis de dos varianzas, de acuerdo con el valor P (P-Value = 0.884) es mayor que el nivel de significancia, por lo tanto, se asumen varianzas iguales.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de la demanda pronosticada contra la demanda real a partir del mes de noviembre del 2020.

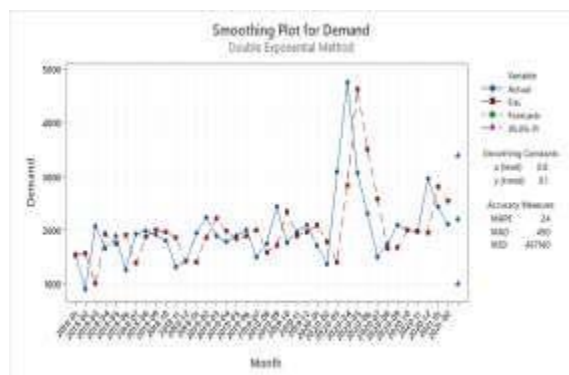


Figura 1. Gráfico de suavización exponencial doble con coeficiente de suavización $\alpha = 0.80$ y $\beta = 0.10$.

Test			
Null hypothesis	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$		
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$		
T-Value	DF	P-Value	
-0.06	74	0.950	

Figura 2. Resultado de la prueba T de dos muestras.

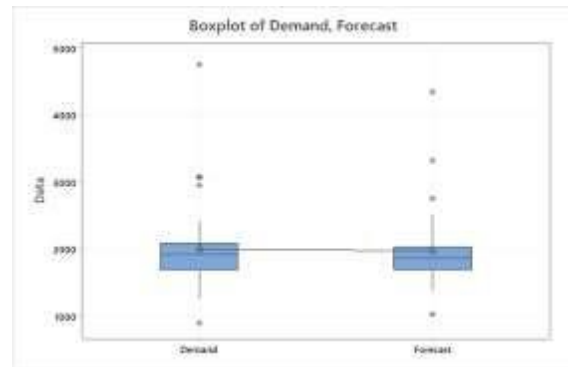


Figura 3. Diagrama de cajas de comparación de medias.

Tabla 1. Resultados de pronóstico contra demanda.

Mes	Demanda real	Pronóstico
2020-11	1961	1978.60
2020-12	2946	1947.07
2021-01	2421	2808.68
2021-02	2102	2529.99

Con los resultados obtenidos, el porcentaje de órdenes entregadas a tiempo a los clientes, se incrementó del 50% al 80% obteniendo un impacto favorable a los requerimientos del cliente.

La utilización de modelos de suavización exponencial simple, suavización exponencial Holt y suavización exponencial Holt y Winters de pronósticos en la industria manufacturera, ha tenido un impacto significativamente positivo en áreas como la planeación de la producción en sectores eléctrico y metal-mecánico [11] y [12], en el control de inventario en el sector electrónico [9], reducción de costos de inventario en el sector computacional [10], procuración de material prima en el sector electrónico [8], establecimiento de demandas para ofertas en el sector comercial [19].

CONCLUSIONES

De los modelos de pronóstico seleccionados, el método de Holt fue el que muestra mejores resultados, teniendo un comportamiento regular entre lo pronosticado y la demanda real siendo probado de manera estadística con una prueba de hipótesis de comparación de medias con dos muestras y de comparación de varianzas, mostrando valores que indican que las medias y la dispersión son iguales en ambas muestras.

En base a lo anterior se concluye que con el método seleccionado se le permitirá a la empresa tener datos de demanda anticipada y con esto planear de una manera óptima el producto estudiado, disminuyendo el número de ordenes vencidas e incrementando el métrico de entrega a tiempo. De igual manera, se considera a la hipótesis como aceptada ya que fue posible determinar de manera anticipada el requerimiento del cliente.

Para futuras investigaciones, se recomienda aplicar el método expuesto en esta investigación ya que cuenta con una validez matemática implicando validez universal. Así mismo se recomienda la implementación del modelo propuesto en empresas del mismo ramo con productos con comportamiento similar al expuesto en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Chopra, S. y Meindl, P. (2013). Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, Planeación y Operación. 5ta Ed. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México.
- [2] Rodríguez-Coy, M. y Rodríguez-Morachis, M. (2010). Aplicación de Métodos de Pronósticos en Productos con Demandas Inciertas. 3er. Congreso Internacional de Investigación CIPITECH, Vol. 3, No. 8, 618-624.
- [3] Thomas-Manzano, S, Castro-Escobar S y Moya-Arguello, R. (2017). Pronósticos financieros: método de regresión y correlación. Caso: empresa manufacturera. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, No. 31, 104-110.
- [4] Paredes-Roldan, J. (2001) Planeación y control de la producción IDIUC, Instituto de Investigaciones, Universidad de Cuenca.
- [5] Kandananond, K. (2012). A Comparison of Various Forecasting Methods for Autocorrelated Time Series. International Journal of Engineering Business Management Vol. 4.
- [6] Sipper, D. y Bulfin, R. (1998). Planeación y Control de la Producción, 1ª. Ed. McGraw Hill Interamericana Editores, Mexico, D.F.
- [7] Chapman S.N. (2006). Planificación y control de la producción. México: Pearson. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México.
- [8] González-Luna, M., y Rodríguez-Morachis, M.A. Analysis and Selection of a Quantitative Forecasting Model for Enterprise in the Electronic Sector. International Journal of Advance Research in Science and Engineering, Vol. 6 No. 5, pp 171-180.
- [9] Serrato-Córdova, J. (2014). Análisis y Aplicación de Técnicas de Pronósticos para la Planeación y Control de Inventarios Dentro de una Empresa del Ramo Electrónico. Tesis de Maestría. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
- [10] Nevárez-Carrasco, C.U. (2018). Reducción del Costo Total del Inventario de Suministros con el Uso de Modelos de Pronósticos. Tesis de Maestría. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
- [11] García-Gómez, LI, J. (2015). Planeación de la Producción en Empresa Industrial de Trabajos Eléctricos Basado en Modelos de Pronósticos. Tesis de Maestría. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
- [12] Torres-Corona, R.E. (2021). Análisis e Implementación de un Modelo de Pronóstico para la Planeación de la Producción en una Empresa Manufacturera. Tesis de Maestría. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
- [13] Petropoulos, F., Makridakis, S., y Stylianou, N. (2022). COVID-19: Forecasting confirmed cases and deaths with a simple time series model. International journal of Forecasting, 38 (2), pp. 439-452.
- [14] Medeiros, M. C., Street, A., Valladão, D., Vasconcelos, G. y Zilberman, E. (2022). Short-Term Covid-19 forecast for latecomers. International Journal of Forecasting, 38 (2022), pp. 467,488.
- [15] Chase R., Jacobs R. y Aquilano N. (2009). Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros. 12ma Ed. McGraw- Hill. México D.F. México.
- [16] Holt, C.C. (2004) Forecasting and trends by exponentially weighted moving averages. International Journal of Forecasting, 20 (2004) pp. 5-10. Reprinter version of the 1957 report to the Office of Naval Research (ONR,57).
- [17] Krajewski L., Ritzman L. y Manhotra M. (2008). Administración de Operaciones: Procesos y Cadena de Valor. 8va Ed. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México.
- [18] Winters, P.R. (1960). Forecasting, Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. Management Science 6 (3), pp 324-342.
- [19] Esparza-Esparza, Y. Rodríguez-Morachis, M, Alvarado Tarango, L. y Sagarnaga-Razcón, V. (2017) Análisis de la demanda de una cadena de supermercados mediante la aplicación de pronósticos. Congreso Internacional de Investigación Academia

Journals. Tuxpan, Veracruz, México. Vol 9, No.4, pp. 596-601.

ROL DE CONTRIBUCIÓN

ROL DE CONTRIBUCIÓN	AUTOR (ES)
Conceptualización	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis - igual
Curación de datos	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis - apoya
Metodología	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – apoya Luz Elena Terrazas Mata - apoya
Administración del proyecto	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Francisco Zorrilla Briones - apoya
Recursos	Luz Elena Terrazas Mata - principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – apoya Francisco Zorrilla Briones - apoya
Software	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Francisco Zorrilla Briones – igual Manuel Alonso Rodríguez Morachis - igual
Supervisión	Manuel Alonso Rodríguez Morachis – principal Luz Elena Terrazas Mata – apoya Francisco Zorrilla Briones - apoya
Validación	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis - igual
Visualización	Carlos Antonio Fernández Muñoz
Redacción	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis – igual Luz Elena Terrazas Mata – apoya Francisco Zorrilla Briones - apoya
Redacción	Carlos Antonio Fernández Muñoz – principal Manuel Alonso Rodríguez Morachis - igual



Esta obra está bajo
una licencia internacional
Creative Commons Atribución 4.0.