

Desarrollo de un modelo de planeación estratégica mediante la demanda histórica en una empresa de productos de poliestireno expandido

Development of a strategic planning model through historical demand in an expanded polystyrene product company

Jaciel Eduardo Campillo-Arredondo¹, Guillermo Cuamea-Cruz², Carlos Anaya-Eredias³
Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora, México
jacielcampillo@gmail.com, guillermo.cuamea@unison.mx, carlos.anaya@unison.mx

Resumen– Los planes de producción en las organizaciones son clave y marcan la diferencia en toda la cadena de suministro en las necesidades de los clientes debido a la exigencia de calidad y tiempos de entrega de sus pedidos; por ello, muchas empresas se ven afectadas por no contar con las capacidades suficientes para responder a las exigencias del mercado. En este artículo se presenta un modelo de pronósticos en una empresa fabricante de productos de poliestireno expandido en el cual se evalúa el método de promedio móvil, suavizado exponencial simple y suavizado exponencial doble, con el fin de predecir la demanda futura y así apoyar las decisiones para una gestión de inventario adecuada en la empresa y reducir las quejas de los clientes por motivo de los tiempos de entrega.

Palabras clave– Cadena de suministro, modelo de pronósticos, gestión de inventario, planeación de la producción.

Abstract– The production plans in the organizations are key and make the difference in the entire supply chain in the needs of the clients due to the demand for quality and delivery times of their orders; therefore, many companies are affected by not having sufficient capabilities to respond to market demands. This article presents a forecast model in a manufacturer of expanded polystyrene products in which the moving average method, simple exponential smoothing and double exponential smoothing are evaluated, in order to predict future demand and thus support decisions for proper inventory management in the company and reduce customer complaints due to delivery times.

Keywords– Supply chain, forecasting model, inventory management, production planning.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos con los que se enfrentan las empresas hoy en día, es la planificación de la producción debido que es un problema por los diferentes cambios que presenta la demanda de productos, donde se les exige contar con una estrategia que las mantenga al margen en un mercado competitivo. La finalidad es contar con una alternativa para

responder a la necesidad de los clientes, tomando en cuenta los recursos disponibles de la organización y el tiempo para la fabricación de productos finales [1].

El proyecto se desarrollará en FANOSA S.A. de C.V. una empresa líder en la fabricación y distribución de productos de Poliestireno Expandido (EPS) bovedillas, casetones, placas de aislamiento, molduras, Insulpanel, entre otros; tiene como principal nicho de mercado la construcción, empaques industriales, agropecuarios y hieleras. La empresa cuenta con varios departamentos, estos departamentos son el área de calidad, ventas, producción, embarques, sistemas y almacén, seguridad e higiene, en los cuales laboran aproximadamente 120 empleados. El objetivo de la investigación es desarrollar un modelo de planeación estratégica mediante el análisis de la demanda histórica, reduciendo significativamente las quejas por retrasos en la entrega de pedidos.

El artículo se divide en siete secciones, la segunda es el marco teórico donde se presentarán los conceptos básicos de la literatura y un caso de estudio similar a la investigación; en la tercera sección se definirá la problemática que se presenta en la empresa; la cuarta sección se presentará la argumentación de la propuesta de solución, dando una breve explicación de cada una de las actividades que se realizarán y el tipo de estudio que se realiza; la quinta sección se presentan los resultados obtenidos del modelo en la empresa; por último, se describirán algunas conclusiones de los resultados presentados de la implementación del proyecto en la empresa.

II. MARCO TEÓRICO

A. Cadena de suministro

La cadena de suministro es un conjunto de etapas relacionadas entre sí, que trabajan con la finalidad de satisfacer al cliente. En las diferentes industrias existe una gran importancia en la cadena de suministros, ya que comprende un gran número de etapas para el suministro de los productos, y cada vez se encuentran con diferentes desafíos en cada una de las actividades de los participantes, como lo son los proveedores o partes interesadas que participan en la

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.591>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

fabricación, almacenamiento, transporte o distribución de productos al cliente final [2].

Además, las organizaciones en la actualidad se enfrentan a gran variedad de problemáticas debido a los cortos ciclos de vida del producto, la competencia y nuevas expectativas del cliente; lo que ha conllevado a que las empresas cuenten con una mejor gestión de cada una de las etapas de la cadena de suministro, a fin de aumentar la productividad, reducir tiempo y hasta costos [3].

Por otra parte, para [4] “la planeación estratégica tiene como objetivo obtener, crear y gestionar acciones estratégicas que lleve a la organización a una ventaja competitiva deseada”. Uno de los desafíos de las empresas manufactureras, además de la producción de los pedidos de los clientes, es el cumplimiento de las entregas de los pedidos en los tiempos acordados [5]. Es por ello que existe una gran necesidad para las empresas de administrar sus actividades, por medio de una planeación estratégica que les ayude a generar un mayor desempeño en sus procesos internos, y ejecuten solo aquellas actividades que agregan valor en el servicio [6].

B. Planeación de la producción

La planeación de la producción es un proceso que se lleva a cabo para conseguir no solamente recursos y materia prima, sino que también planificar las actividades necesarias para transformar la materia prima en producto terminado, con el fin de suplir las necesidades del cliente de manera eficiente [7]. En empresas de fabricación uno de los retos importantes que estas enfrentan es encontrar la mejor alternativa para responder los cambios constantes de la demanda, con el propósito de utilizar de manera óptima los recursos disponibles con los que se cuenta. Por ello, la planeación de la producción juega un papel muy importante en las empresas, ya que de ahí parte la eficiencia de las actividades que se ejecutan para la elaboración de los pedidos de los clientes [1].

Para el desarrollo de la planeación de la producción, el propósito es definir las decisiones sobre la demanda de pedidos, metas de las entregas de pedidos al cliente, tiempos de producción, cantidad de inventario y los pedidos pendientes. Es importante que los encargados de cada área en la organización trabajen en equipo para lograr dicho desarrollo del plan. En todo plan de producción se debe de considerar algunos métodos de fabricación; fabricación para almacenar, como su nombre lo dice se fabrica para mantener un inventario, tomando en consideración el historial de las ventas de los últimos periodos; la fabricación para almacenar tiene la finalidad de contar con un inventario de reserva ya sea de materiales en almacén de proceso o de producto terminado para el cumplimiento inmediato de los pedidos del cliente. La fabricación bajo pedido se refiere cuando no existe inventario de producto terminado, sino que una vez ingresado la orden de pedido del cliente se inicia el proceso de fabricación para el cumplimiento de este. El conjunto de pedidos que se encuentran en espera para su fabricación es conocido como “cartera de pedidos” [8].

C. Modelo de pronóstico

Un pronóstico es una técnica utilizada para proyectar lo que se espera en el futuro mediante experiencias pasadas [8]. Es vital para las empresas contar con una gestión de pronósticos para la toma estratégica de decisiones, ya que con ello se logra un mayor desempeño en la organización con el uso de los diferentes modelos de pronósticos que existen anticipando el comportamiento de las variables, y visualizando la tendencia futura de la demanda [9]. La previsión de la demanda es fundamental para el estudio del inventario, debido a que informa en cantidad y en el tiempo indicado los productos que serán necesarios, además de ser un punto de partida para la planificación [10].

Cada uno de los modelos de pronósticos utilizan ciertas técnicas de pronósticos que ayudan a predecir la demanda de los productos en un escenario de producción: tendencia, ciclo, estacionalidad, aleatoriedad [11]. La Fig. 1 muestra algunos escenarios que son comunes al momento de analizar la demanda histórica de las organizaciones.

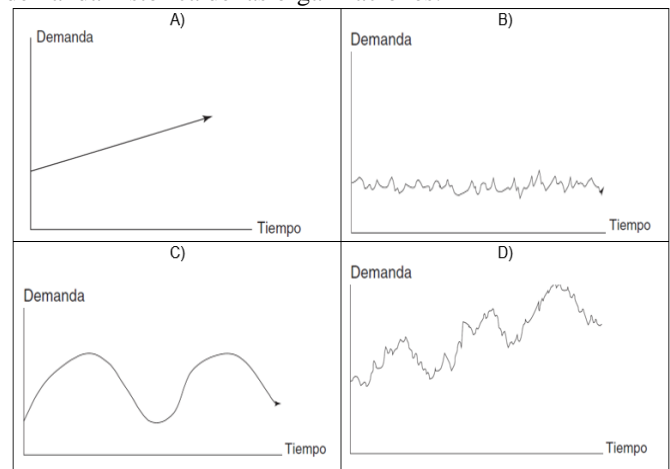


Figura 1. Patrón de los datos en la serie de tiempo (Stephen, 2006)

La parte A muestra la tendencia de los datos en la serie de tiempo, la cual puede llegar a ser creciente y decreciente debido a que la demanda del evento que se está analizando puede estar en aumento o caída. La parte B) muestra un patrón de aleatoriedad en el comportamiento de la demanda, es decir, cuando un evento no sucede de forma completamente uniforme o predecible. Por otra parte, también puede existir un comportamiento cíclico C) y se le denominan cíclicos ya que puede seguir un patrón que esté ligado a las estaciones del año, por ejemplo, la venta del hielo en verano aumenta cuando en invierno disminuye. Por último, la parte D) muestra un patrón de comportamiento muy común en muchas compañías, que es la combinación de los patrones de tendencia, estacionalidad y aleatoriedad.

Existen dos categorías de pronósticos, cualitativos y cuantitativos; los pronósticos cualitativos son subjetivos y se basan en suposiciones y opiniones de experto, existen algunas técnicas que los pronósticos cualitativos utilizan y los modelos más comunes [11][12]. Los pronósticos cuantitativos son basados en una serie de tiempo, es uno de los métodos más

comunes, son utilizados para explicar un evento o fenómeno que ocurre con el tiempo [13]. A continuación, se describen algunos métodos de pronósticos:

Promedio Móvil Simple

Es un método utilizado cuando se presenta una estabilización en los datos de la serie de tiempo, es decir, no existe un cambio significativo del pronóstico del entorno donde se encuentra la serie. En este método se utilizan los datos más recientes para el pronóstico y así, reducir el efecto de la aleatoriedad rápidamente [14]. La ecuación (1) utilizada para el promedio móvil simple se presenta a continuación:

$$M_T: 1/N (d_{t-N+1} + d_{t-N+2} + \dots + d_T) = 1/N \quad (1)$$

Dónde:

M_T : valor de pronóstico móvil

N : número de periodos contemplados

d_T : valor real en el periodo T

El pronóstico generado en el promedio móvil simple está dado por los últimos datos N .

Suavizado Exponencial

Es un método de pronóstico que contempla todos los valores de la serie de tiempo para predecir la demanda, dando más peso a los valores más recientes [15][14]. La ecuación (2) es utilizada para el suavizado exponencial:

$$X_{t+1} = \alpha * X_t + (1-\alpha) (X_t) \quad (2)$$

Dónde:

X_{t+1} : valor del pronóstico para x en el momento $t+1$

X_t : valor real de x en el momento t

α : parámetro de suavizado

Alpha puede tomar valores de $0 < \alpha < 1$, de ahí el nombre de suavizado exponencial, ya que el valor dado a cada observación disminuye exponencialmente a medida que cada observación proviene del pasado.

Valor del error

Todo pronóstico debe de considerar una medida de error, la cual se debe de aplicar para calcular la precisión de los pronósticos, tomando en cuenta el valor de error más pequeño, es decir, entre más pequeño se el valor de error se puede decir que el pronóstico es mejor [16]. La ecuación (3) define el error como la diferencia entre la demanda pronosticada y la demanda real del periodo considerado:

$$e_i = A_i - F_i \quad (3)$$

Dónde:

e_i : error

A_i : valor real

F_i : valor del pronóstico

Una manera para calcular el valor del error de un pronóstico es mediante la desviación media absoluta (DMA ó MAD), la cual es definida como el valor absoluto del promedio de los errores del conjunto de numero de datos [14], y es calculado como se muestra a continuación (4):

$$DMA = \sum_{i=1}^n |A_i - F_i| / n \quad (4)$$

Por otra parte, el error absoluto medio porcentual (MAPE), es una de las técnicas de medición que comúnmente se utilizan, el cual arroja el error en porcentaje como lo muestra (5):

$$MAPE = (1/N) \sum_{i=1}^n |(F_i - A_i) / A_i| \quad (5)$$

D. Gestión de inventario

El inventario es un activo tangible con el que dispone la organización en un lugar determinado con el propósito de que sean utilizados en los procesos de producción y sean transformados en bienes o servicios para su comercialización [17][18]. Entre estos activos tangibles se encuentra la materia prima, insumos, artículos en proceso, productos terminados o cualquier recurso utilizado en una organización [19][20].

Priorizar el inventario según su grado de importancia crea una ventaja para el manejo operativo, ya que la organización se enfoca en los artículos que requieren mayor importancia debido a su demanda, lo que llevaría a los encargados a establecer acciones de mejora y apoyo a la toma de decisiones para los procesos internos [21][19].

La clasificación ABC es un método muy común el cual categoriza al inventario en tres grupos A, B y C, basado en el criterio que más se adapte a las condiciones y necesidades de la empresa, además, la clasificación ABC del inventario está basada en el criterio establecido por Vilfredo Pareto, mejor conocida como la regla 80/20, la cual estipula que el 20% de los artículos del inventario representa aproximadamente el 80% del volumen de producción o valor del inventario, esto significa que un pequeño porcentaje de los artículos que se disponen son los principales responsables en el cumplimiento de los objetivos globales del almacén [22]. [23] Mencionan que el método ABC es un análisis sistemático de la información histórica del inventario, cuyo principal propósito es clasificar los artículos del inventario para determinar el grado de importancia que estos tienen en el almacén. Clasificación ABC del inventario según [24], el grupo A representa del 10% al 20% de los artículos del inventario y abarca del 60% al 80% del volumen de producción, el grupo B representa del 20% al 30% de los artículos del inventario y abarca del 20% al 30% del volumen de producción y por último, el grupo C representa del 50% al 70% de los artículos del inventario y abarca del 5% al 15% del volumen de producción.

E. Caso de estudio

En una empresa llamada Quesos y Quesos S.A. de C.V. la cual se dedica a la comercialización y distribución de alimentos perecederos, debido al problema que tenían por incumplimiento de atención del 50% tanto para clientes y otros puntos de distribución por insuficiencia en el cumplimiento de la demanda por caducidad de los producto o escasez de estos, se propuso un modelo de pronóstico para la solución del problema, el cual consistió primeramente en un análisis de las organización para considerar las causas que estaban generando la insuficiencia de inventario, para posteriormente seleccionar los productos por grupos de familia de mayor rotación con ayuda de la clasificación ABC, se

seleccionó el modelo de pronóstico más adecuado mediante el error cuadrado medio (MSE), además se estimaron mínimos y máximos para cada una de las cantidades de productos en el almacén [25].

Una vez que se abarcaron los tópicos más relevantes para fundamentar el proyecto, se procederá a describir la problemática presentada en la organización.

III. PROBLEMÁTICA

El área encargada de recibir opiniones y quejas de los clientes es el departamento de calidad. Al realizar una visita con el encargado del área, en base al historial afirma que en el año 2019 al 2021 el 76.3% de los reportes correspondieron a tiempos de entrega de los pedidos; los motivos principales de estos retrasos surgen en el área de corte y embarques, el 28% de las incidencias corresponde al área de corte y el 18.6% a embarques. La Fig. 2 muestra el porcentaje de quejas de los clientes debido a las incidencias presentadas en la producción de pedidos:

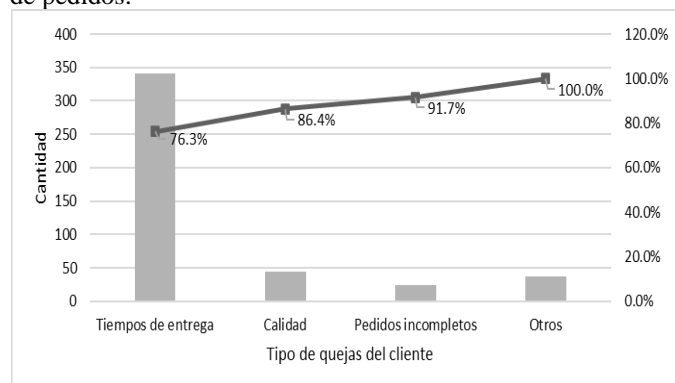


Figura 2. Motivo de quejas de clientes del año 2019 al 2021

Una vez que se recibe un pedido se toman los materiales necesarios para la elaboración de los productos, los cuales pasan por el área de corte y en la máquina ranuradora en caso de la bovedilla, ya que no son productos de corte cuadrado; posteriormente se pasan al área de empaquetado para flejarlos y marcarlos, por último, embarcarlos para su entrega. Cabe mencionar que la política de la empresa es que, una vez ingresado un pedido, tienen 24 horas para la entrega al cliente.

La organización ha intentado ofrecer el cumplimiento de todas las solicitudes de pedidos eficientemente y de manera confiable, sin embargo, la desorganización en la producción, déficit en la eficiencia de los procesos, incremento de los tiempos de producción, procesos no definidos, ha afectado el poder cumplir con los objetivos propuestos. Lo anterior ha generado reportes de incidencias al área de corte por no tener los productos listos, y embarque por no haber llegado a tiempo.

Debido al incumplimiento de pedidos en los tiempos acordados, se ha hecho notoria la falta de coordinación por parte de los empleados involucrados, e ineficiente productividad. Por otra parte, además de fabricar productos para los clientes, también se fabrican para los diferentes cedos como son Guaymas y Obregón.

IV. ARGUMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Existen cuatro alcances en la investigación; el primer alcance es el estudio exploratorio, donde se aborda una investigación de un fenómeno que no se ha estudiado con anterioridad o es totalmente nuevo en la investigación; el segundo alcance es el descriptivo, tiene como finalidad especificar y analizar cualquier tipo de fenómeno para proporcionar diferentes conceptos de lo estudiado; el tercer alcance es el estudio correlacional, su principal objetivo es dar a conocer las relaciones que existen en diferentes conceptos del tema a investigar. Por último, es el estudio explicativo el cual será aplicado en esta investigación, tiene como fin dar respuesta a las causas de un evento o fenómeno presentado, por medio de una investigación estructurada para responder a la hipótesis [26].

Con el propósito de solucionar la problemática presentada, se desarrollará un modelo para la planeación estratégica en la producción de los productos, con la finalidad de cumplir con las metas diarias que se propone la empresa. La Fig. 3 muestra el modelo propuesto que consta de 5 etapas para el cumplimiento de la demanda de los pedidos:



Figura 3. Modelo de planeación estratégica

Etapa 1: Recolección de datos y selección de productos

La finalidad de esta etapa del modelo es recolectar los datos históricos sobre los que se estará trabajando en el transcurso de todo el modelo. Con ayuda del jefe de producción se recolectarán los datos históricos mediante el sistema que maneja la empresa. Es importante considerar que la empresa maneja una gran variedad de productos y cada uno de ellos con diferentes demandas.

Cada uno de los productos que se fabrican cuentan con diferentes características como lo son las dimensiones que estos tienen, como: largo, ancho y grosor; además, existe

variedad en cuanto a la densidad de ellos, algunos pueden ser más demandantes que otros según la necesidad del cliente. En base a la recolección de los datos se procederá a tratar los datos mediante la técnica de clasificación ABC, los cuales se tomarán como clase “A” los productos que representan el 80% de los productos disponibles y serán los productos “A” los que se seleccionarán para estar trabajando con el modelo de pronósticos. Por otra parte, los productos de la clase “B” y “C” que representan el 15% y 5% respectivamente, se seleccionarán para la fabricación bajo pedido, debido a que son productos de menor demanda y estos se fabrican normalmente en pedidos especiales, de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Etapa 2: Determinar método de pronóstico

Una vez seleccionados los productos que se utilizarán para el pronóstico, se recolectará la demanda histórica del mismo archivo de los reportes de consumo proporcionado por el jefe de producción. Se considerarán 12 periodos para la serie de tiempo basándose en el análisis de los datos históricos disponibles, con la finalidad de formular y evaluar un modelo de series de tiempo.

Se determinará el método de pronóstico más adecuado acorde al comportamiento presentado en la serie de tiempo y el valor del error. La Tabla I presentará el valor del error de la demanda pronosticada para cada uno de los métodos seleccionados:

TABLA I
MÉTRICA DE DESEMPEÑO

Producto	Promedio móvil	Suavizado exponencial simple	Suavizado exponencial doble
	MAD	MAD	MAD

Se realizará una evaluación del promedio móvil, suavizado exponencial simple y suavizado exponencial doble, con el fin de seleccionar el método de pronóstico que menor margen de error arroje (MAD), el cual se estará utilizando para generar la demanda pronosticada de los próximos periodos.

Etapa 3: Elaboración del pronóstico

En esta etapa se elaborará el pronóstico para el siguiente período utilizando el método de pronóstico seleccionado en la etapa anterior. Con ayuda del software Minitab 19, se generará el pronóstico del siguiente periodo para cada uno de los productos.

Los periodos seleccionados corresponderán a las fechas en las cuales se obtuvieron los datos históricos, siendo el primer mes de los datos históricos enero del 2021 como periodo 1, y diciembre del 2021 como periodo 12; por lo tanto, se pronosticará la demanda del periodo 13.

Etapa 4: Planeación de la producción

En la planeación de la producción del modelo se establecerá la necesidad diaria de producción, contemplando los recursos que dispone la empresa. Para los productos que se contemplaron en el pronóstico, se realizará la producción para almacenar con la finalidad de mantener un inventario de reserva en el almacén de producto terminado para el cumplimiento inmediato de los pedidos diarios del cliente.

Etapa 5: Evaluación

Una vez terminado el periodo de la demanda pronosticada, en esta última etapa se utilizará la misma métrica de desempeño de la fase de entrenamiento de modelos (MAD) para la evaluación del pronóstico. La evaluación consta de tomar el conjunto de pruebas del total de datos, con el objetivo de modelar la precisión de varios periodos pronosticados contra la demanda real [15]. La Tabla II muestra cómo se registrará el conjunto de periodos a evaluar de la demanda real contra la demanda pronosticada:

TABLA II
REGISTRO DE EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO

Producto	Demanda real (m³)	Demanda pronosticada (m³)	MAD

Una vez obtenidos los datos de la demanda real y la demanda pronosticada se evaluará el método seleccionado en el periodo, con la finalidad de conocer la precisión de este; además, se evaluarán las actividades realizadas en los periodos en cuales se estará trabajando y así obtener los resultados obtenidos de la oferta contra la demanda.

V. RESULTADOS

Se presentará el modelo propuesto implementado en la empresa para el cumplimiento del objetivo que se tiene en este proyecto:

Etapa 1: Recolección de datos y selección de productos

Se proporcionó información para recabar datos históricos a partir del mes de enero del año 2021 al mes de diciembre del año 2021, los cuales serán utilizados para el modelo propuesto. La Tabla III muestra los productos de bovedilla por las diferentes dimensiones que ellos cuentan, además, se tomaron los productos más vendidos por su demanda anual, mostrando solamente los de clasificación “A”.

TABLA III
CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE BOVEDILLA

Clave	Demanda anual	% Acumulado	Clasificación	%
BOVE-020115	20959.21	19%	A	80%
BOVE-020116	16741.64	34%	A	
BOVE-020137	8521.27	42%	A	
BOVE-020114	8333.48	49%	A	
BOVE-020219	4909.26	53%	A	
BOVE-020202	3427.60	56%	A	
BOVE-020106	3284.37	59%	A	
BOVE-020466	2932.52	62%	A	
BOVE-020195	2850.85	65%	A	
BOVE-020497	2373.53	67%	A	
BOVE-020397	1912.15	68%	A	
BOVE-020165	1819.85	70%	A	
BOVE-020119	1689.63	72%	A	
BOVE-020235	1665.45	73%	A	
BOVE-020234	1520.31	74%	A	
BOVE-020103	1509.54	76%	A	
BOVE-020220	1398.70	77%	A	
BOVE-020248	1213.79	79%	A	
BOVE-020111	1020.15	80%	A	

La Tabla IV describe los productos de casetones por sus diferentes dimensiones, tomando los de clase “A” que fueron los más vendidos por su demanda anual como lo describe.

TABLA IV
CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE CASETONES

Clave	Demanda anual	% Acumulado	Clasificación	%
CASE-020105	2602.76	13%	A	80%
CASE-020231	2426.49	25%	A	
CASE-020104	2401.26	36%	A	
CASE-020232	2217.89	47%	A	
CASE-020103	1946.52	57%	A	
CASE-020106	1758.54	65%	A	
CASE-020102	1059.70	76%	A	
CASE-020170	765.61	80%	A	

La Tabla V muestra los productos de placa por clave, agregando solamente los productos más vendidos por su demanda anual.

TABLA V
CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLACAS

Clave	Demanda anual	% Acumulado	Clasificación	%
PLAC-000163	3199.51	8%	A	80%
PLAC-000161	2771.72	15%	A	
PLAC-000171	2753.23	21%	A	
PLAC-000153	2694.75	28%	A	
PLAC-000165	2192.45	34%	A	
PLAC-000154	2025.90	39%	A	
PLAC-000151	2011.86	43%	A	
PLAC-000164	1637.66	48%	A	
PLAC-000170	1566.37	51%	A	
PLAC-003256	1450.02	55%	A	
PLAC-000835	1237.58	58%	A	
PLAC-003961	1109.50	61%	A	
PLAC-003960	1070.07	63%	A	
PLAC-000864	992.93	66%	A	
PLAC-020130	861.36	68%	A	
PLAC-000157	818.41	70%	A	
PLAC-000159	786.85	72%	A	
PLAC-000168	770.80	74%	A	
PLAC-020129	748.20	76%	A	
PLAC-000174	712.32	77%	A	
PLAC-011929	694.63	79%	A	

Etapa 2: Determinar método de pronóstico

Una vez que se obtuvieron los productos clasificados como "A", se procedió a recolectar los 12 periodos para el pronóstico para cada uno de los productos.

Productos de bovedilla

La Tabla VI muestra los datos del primer producto de bovedilla BOV-020115:

TABLA VI
DATOS HISTÓRICOS BOV-020115

Período	Demanda (m³)
1	1387.56
2	1750.05
3	2313.99
4	1668.76
5	1893.55
6	1797.69
7	1536.88
8	1620.87
9	1962.89
10	1903.54
11	1615.96
12	1507.49

Posteriormente se representó la serie de tiempo de manera gráfica con los datos de la BOV-020115. La Fig. 4 muestra el comportamiento en la serie de tiempo de los 12 periodos seleccionados, donde se observa un patrón de aleatoriedad en el comportamiento de la demanda, debido a que el comportamiento se mantiene a un cierto nivel sin alteraciones radicales en la serie de tiempo.

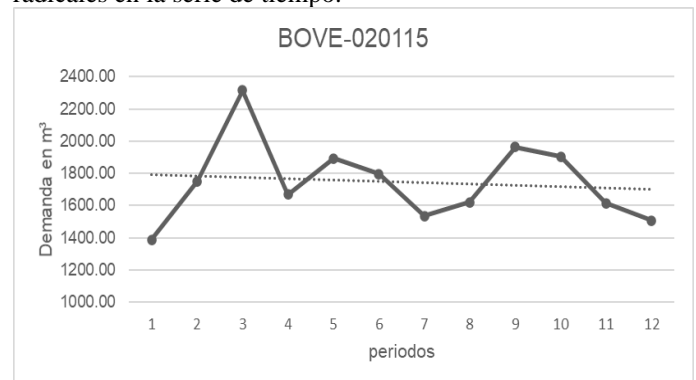


Figura 4. Serie de tiempo de la demanda del producto BOVE-020115 (Elaboración propia)

Una vez analizado el comportamiento en la serie de tiempo de la bovedilla, con ayuda de Minitab 19 se calculó el valor del error (MAD) los cuales se representaron en la Tabla VII:

TABLA VII
MÉTRICA DE DESEMPEÑO BOVE-020115

Producto	Promedio móvil	Suavizado exponencial simple	Suavizado exponencial doble
	MAD	MAD	MAD
BOVE-020115	264	198.7	211.9

Se observó que el método de suavizado exponencial simple obtuvo el valor de error mínimo de 198.7 m³. Por lo tanto, para los productos de bovedilla debido a que su comportamiento en la serie de tiempo es aleatorio y no existen alteraciones radicales en el tiempo, se determinó el método de

suavizado exponencial simple para generar el pronóstico para los productos de bovedilla.

Productos de casetón

Para determinar el método de pronóstico, se seleccionaron los datos históricos del producto CASE-020105 presentados en la Tabla VIII:

TABLA VIII
DATOS HISTÓRICOS CASE-020105

Período	Demanda (m³)
1	243.72
2	144.68
3	189.54
4	214.07
5	151.74
6	118.26
7	188.33
8	140.90
9	302.13
10	235.35
11	277.83
12	396.23

Se procedió a graficar los datos obtenidos para analizar el comportamiento de ellos en la serie de tiempo en la Fig. 5:

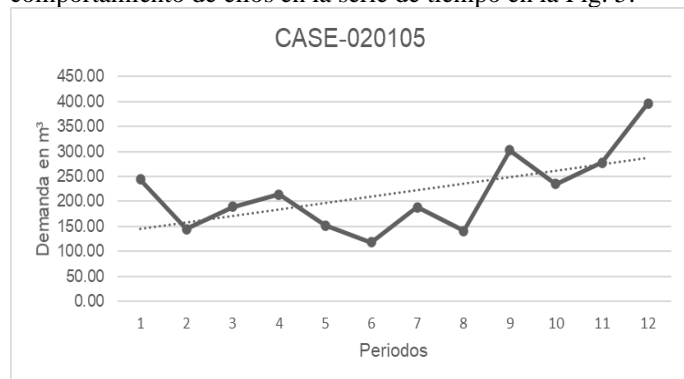


Figura 5. Serie de tiempo de la demanda del producto CASE-020105

Como se puede observar en la serie de tiempo existe una ligera tendencia hacia arriba con aleatoriedad, sin ninguna alteración radical en el tiempo. De esa misma manera el comportamiento de los demás productos de casetones muestra similitudes iguales en la serie de tiempo.

Para apoyar el análisis se procedió a generar el valor de error de los diferentes métodos para determinar el método de pronóstico más adecuado, de la misma forma con ayuda del software Minitab 19 se generaron las métricas de desempeño presentadas en la Tabla IX:

TABLA IX
MÉTRICA DE DESEMPEÑO CASE-020105

Producto	Promedio móvil	Suavizado exponencial simple	Suavizado exponencial doble
	MAD	MAD	MAD
CASE-020105	53.21	55.63	51.91

El método de pronóstico que menor error tiene el suavizado exponencial doble con un 51.91 m³. De igual manera, se determinó el método para el resto de los productos de casetón debido a su mismo comportamiento en su demanda histórica.

Productos de placa

De igual manera, para los productos de placa se recolectaron los datos históricos de 12 periodos para la elaboración del pronóstico. La Tabla X representa los datos del producto PLAC-000163:

TABLA X
DATOS HISTÓRICOS PLAC-000163

Período	Demanda (m³)
1	210.67
2	54.81
3	725.37
4	92.49
5	85.64
6	633.74
7	176.42
8	184.13
9	168.71
10	677.41
11	137.02
12	53.10

Una vez obtenidos los periodos de la placa se procedió a graficar para el análisis de la serie de tiempo del producto PLAC-000163 representado en la Fig. 6, la cual muestra un comportamiento un poco diferente a la de los productos de bovedilla y casetón, mostrando un patrón de comportamiento de estacionalidad y aleatoriedad sin ninguna tendencia al respecto.

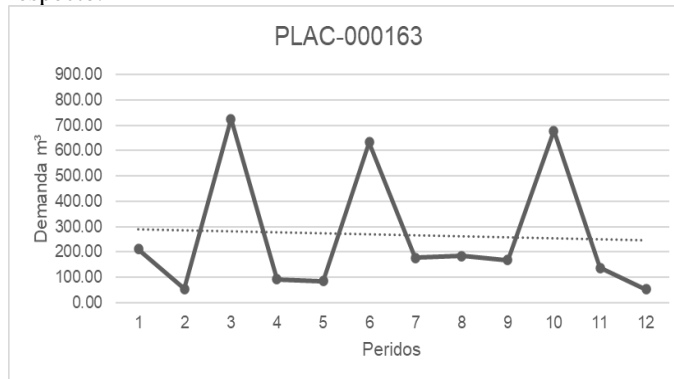


Figura 6. Serie de tiempo de la demanda del producto PLAC-000163

Para corroborar el análisis y establecer el método de pronóstico, se procedió a generar el valor de error de cada uno de los métodos con ayuda de Minitab 19. Los valores se representaron en la Tabla XI:

TABLA XI
MÉTRICA DE DESEMPEÑO PLAC-000163

Producto	Promedio móvil	Suavizado exponencial simple	Suavizado exponencial doble
	MAD	MAD	MAD
PLAC-000163	332	194.2	280

Como se observó el método de pronóstico que menor valor error arrojó fue el método de suavizado exponencial simple, el cual tuvo un valor de 194.2 m³, y efectivamente se comprueba que el comportamiento que lo caracteriza es el de aleatoriedad. El método de promedio móvil y suavizado exponencial doble arrojó un valor de error muy alto a comparación del suavizado exponencial simple.

Etapa 3: Elaboración del pronóstico

Con ayuda del software Minitab se procedió a generar el pronóstico para el periodo 13 para cada uno de los productos de bovedilla, casetón y placa, considerando el método seleccionado:

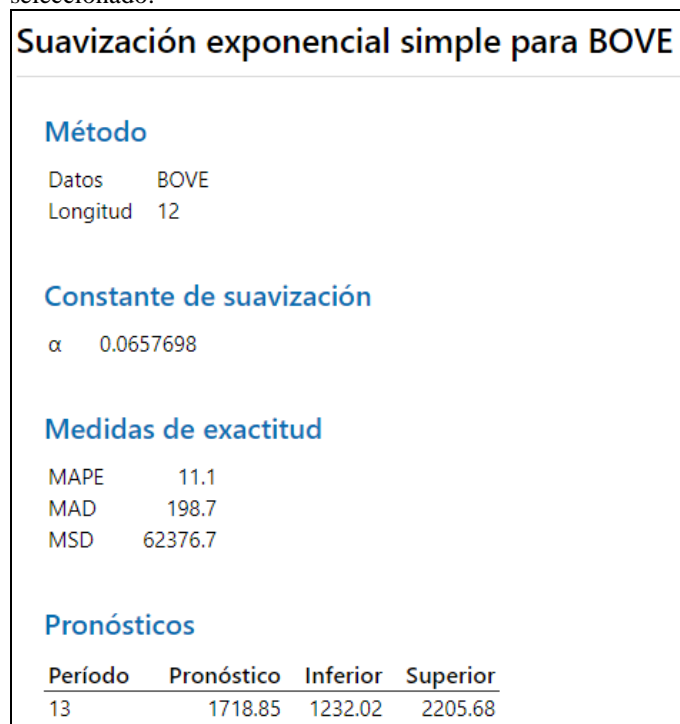


Figura 7. Pronóstico generado en Minitab

La Fig. 7 muestra el pronóstico para el periodo 13 del producto BOVE-020115, utilizando el método de pronóstico seleccionado en la etapa 3 del modelo para la bovedilla. Además, da a conocer las métricas de desempeño MAPE, MAD Y MSD, lo cual para efectos del proyecto se contempla el MAD arrojando un valor de error de 190.5 m³, es decir, un 10.9 % a que no sea real.

Etapa 4: Planeación de la producción

Una vez que se obtuvo el pronóstico del periodo 13 se procedió a realizar los planes de producción de los materiales que se requieren para la fabricación de los productos. La Tabla XII muestra la lista de materiales que se requieren para fabricar los productos, los materiales se puede fabricar distintos tipos de productos, ya que para muchos productos cambia solamente las dimensiones de corte. Cabe mencionar que de cada uno de los materiales que se manejan, cuentan con un volumen de alrededor de 9 m³, lo que significa que los materiales son grandes y al momento de pasar por el área de

corte pueden salir varios productos dependiendo las dimensiones de dicho producto.

Se consideró el estado del inventario actual a través del mismo reporte de consumo que ha proporcionado para el modelo, el cual muestra de la misma manera los materiales y la cantidad disponible en m³.

TABLA XII
LISTA DE MATERIALES

No.	Producto	Material	No.	Producto	Material
1	BOVE-020115	BLOC-003619	22	CASE-020106	BLOC-000527
2	BOVE-020116		23	CASE-020231	BLOC-000780
3	BOVE-020114		24	CASE-020103	
4	BOVE-020219		25	CASE-020102	
5	BOVE-020202		26	CASE-020170	
6	BOVE-020466		27	CASE-020232	BLOC-002750
7	BOVE-020397		28	PLAC-000163	BLOC-000504
8	BOVE-020119		29	PLAC-000161	
9	BOVE-020248		30	PLAC-000165	
10	BOVE-020137		BLOC-002011	31	PLAC-000159
11	BOVE-020195	32		PLAC-000153	
12	BOVE-020497	33		PLAC-000154	
13	BOVE-020235	34		PLAC-000151	BLOC-001290
14	BOVE-020234	35		PLAC-003256	
15	BOVE-020220	36		PLAC-003961	
16	BOVE-020106	BLOC-002110	37	PLAC-003960	BLOC-000517
17	BOVE-020165		38	PLAC-000835	
18	BOVE-020103		39	PLAC-000864	BLOC-000518
19	BOVE-020111	BLOC-000527	40	PLAC-020130	BLOC-002107
20	CASE-020105		41	PLAC-020129	
21	CASE-020104		42	PLAC-000174	BLOC-002108

Con la ayuda del pronóstico se procedió a fabricar los materiales necesarios para cada uno de los productos, brindando las cantidades y en el tiempo que estos se van a elaborar.

Etapa 5: Evaluación

En esta etapa se realizaron los cálculos del MAD de cada uno de los productos pronosticados contra la demanda real del periodo 13. La Tabla XIII muestra los datos y cálculos realizados, donde se identifica que el pronóstico de los

productos de bovedilla cumplió con la demanda de los pedidos del cliente, y realmente hubo una diferencia de 131.29 m³ la cual no es de mucho impacto ya que son productos muy demandantes y tienen mucha rotación en el almacén, al igual para los productos de caseton con una diferencia de 31.77 m³; por otra parte, para los productos de placa el pronóstico fue mayor a la demanda real con una diferencia mínima de 27.89 m³.

TABLA XIII
REGISTRO DE LA EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO

Producto	Demanda pronosticada (m ³)	Demanda real (m ³)	MAD pronóstico	MAD real
BOVE-020115	1718.85	1587.56	198.7	131.29
CASE-020105	411.95	443.72	51.91	31.77
PLAC-000163	238.56	210.67	194.20	27.89

Cabe mencionar que para efectos del proyecto se realizó un solo periodo por lo que se espera mayores resultados, además del error del pronóstico el índice de quejas e incidencias que se generan debido al retraso de pedidos.

VI. CONCLUSIONES

Ciertamente es importante considerar en las organizaciones la oferta contra la demanda de los clientes, con el fin de que no solamente se cumpla con el área de producción, sino que también las otras etapas de la cadena de suministro para abastecer los recursos, materia prima para producir un bien tangible y cumplir con las necesidades del cliente en el tiempo acordado.

Utilizar un método de clasificación como lo fue en este proyecto es de gran ventaja sobre todo cuando en una empresa se trabaja con una gran variedad de productos, ya que existen productos de mayor demanda que otros; además, se proporciona información necesaria para la organización y apoyo al trabajo operativo, con el fin de cumplir de manera certera con los pedidos del cliente. Por otra parte, trabajar con la demanda histórica de las ventas de un cierto periodo considerable apoya a la toma de decisiones para las actividades futuras evitando demoras por sucesos que son posibles de volver a pasar y anticipando los planes de producción.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico y a la empresa FANOSA S.A. de C.V. por la oportunidad brindada para la elaboración de este proyecto de investigación.

REFERENCIAS

[1] I. Hernández, S. Hernández, J. Hernández, J. Jiménez, y R. Baltazar, "Production planning through lean manufacturing and mixed integer linear programming," vol. 21, pp. 47–62, 2021.

[2] D. Shakhbulatov, J. Medina, Z. Dong, y R. Rojas-Cessa, "How Blockchain Enhances Supply Chain Management: A Survey," *IEEE Open J. Comput. Soc.*, pp. 1–1, 2020, doi: 10.1109/ojcs.2020.3025313.

[3] A. Paredes-Rodriguez, V. Chud-Pantoja y C. Peña-Montoya, "Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta," vol. 33, no. 1, pp. 245–258, 2022.

[4] H. Souza Andrade y G. Loureiro, "A Comparative Analysis of Strategic Planning Based on a Systems Engineering Approach," *Bus. Ethics Leadersh.*, vol. 4, no. 2, pp. 86–95, 2020, doi: 10.21272/bel.4(2).86-95.2020.

[5] C. Archetti y L. Bertazzi, "Recent challenges in Routing and Inventory Routing: E-commerce and last-mile delivery," *Networks*, no. September 2020, pp. 255–268, 2020, doi: 10.1002/net.21995.

[6] I. Chiavenato and A. Sapiro, *Planeación estratégica: Fundamentos y aplicaciones*, Tercera ed., vol. 53, no. 9. México: McGraw-Hill, 2017.

[7] A. G. Martín, M. Díaz-Madroñero y J. Mula, "Master production schedule using robust optimization approaches in an automobile second-tier supplier," *Cent. Eur. J. Oper. Res.*, vol. 28, no. 1, pp. 143–166, 2020, doi: 10.1007/s10100-019-00607-2.

[8] N. Stephen, *Planificación y control de la producción*. México: Pearson Educación, 2006.

[9] J. Cadena, M. Ariza y R. Palomo, "La gestión de pronóstico en las decisiones empresariales: un análisis empírico empirical analysis," vol. 39, p. 1, 2018.

[10] J. Conceição, J. de Souza, E. Gimenez-Rossini, A. Risso y A. Beluco, "Implementation of inventory management in a footwear industry," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 14, no. 2, pp. 360–375, 2021, doi: 10.3926/jiem.3223.

[11] C. Madariaga, Y. Lao, D. Curra y R. Lorenzo, "Metodología para pronosticar demanda y clasificar inventarios en empresas comercializadoras de productos mayoristas A Methodology to Forecast the Demand and Classify Inventories in Wholesale Supplier Companies," vol. 14, no. 2, pp. 354–373, 2020.

[12] R. Chase, R. Jacobs y N. Aquilano, *Administración de operaciones producción y cadena de suministros*, Duodécima. México: McGraw-Hill, 2016.

[13] D. Ramamonjisoa, "Comparison of Two Forecasting Methods in Time Series Data With Seasonality," pp. 175–178, 2020, doi: 10.33965/es2020_202005p025.

[14] A. Contreras, C. Atziry, J. Martínez y D. Sánchez, "Análisis de serie de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos," *Estud. gerenciales*, vol. 32, pp. 387–396, 2016.

[15] H. F. R. dos Santos, L. W. C. da Silva y A. P. B. Sobral, "Forecast of Multivariate Time Series Sampled From Industrial Machinery Sensors," *Brazilian J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, 2020, doi: 10.14488/bjopm.2020.010.

[16] G. Airlangga, A. Rachmat y D. Lapihu, "Comparison of exponential smoothing and neural network method to forecast rice production in Indonesia," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control)*, vol. 17, no. 3, pp. 1367–1375, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.V17I3.11768.

[17] M. E. Onofre-Barragán, H. Méndez-Azúa, J. M. Izar-Landeta y A. Castillo-Ramírez, "Estudio del impacto de las transacciones de manejo de materiales en la exactitud de inventarios para empresas manufactureras," no. 4, pp. 4082–4088, 2015.

[18] Y. Álvarez y J. M. Wilson, "Método ABC para mejorar la gestión de los inventarios en la Empresa Comercializadora Escambray Guantánamo," *Rev. Cuba. Finanz. y precios*, vol. 4, no. 3, pp. 19–28, 2020.

[19] M. F. Girón, J. R. López, K. J. Somoza y S. E. Campuzano, "El lote económico de compras como sistema de administración de inventarios," *Recimundo*, vol. 2, no. Esp, pp. 756–771, 2018, doi: 10.26820/recimundo/2.esp.2018.756-771.

[20] D. A. Agudelo-Serna y Y. M. López-Rivera, "Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios," *Ing. USBMed*, vol. 9, no. 1, pp. 75–85, 2018, doi: 10.21500/20275846.3305.

[21] I. Becerril y G. Villa, "Propuesta De Un Plan De Inventarios Para Un Control Eficiente Del Almacén De Una Empresa Dedicada a La Elaboración De Elásticos," *Rev. Cienc. Adm.*, vol. 7, pp. 350–365, 2017.

- [22] O. Parada, "Un enfoque multicriterio para la toma decisiones en la gestión de inventarios," *Cuad. Adm.*, vol. 22, no. 38, pp. 169–187, 2009.
- [23] R. Macías, A. León y C. L. Limón, "Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana," *Rev. Acad. Negocios*, vol. 4, no. 2, pp. 83–94, 2019.
- [24] C. Veloz y O. Parada, "Métodos para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de inventarios," *Rev. Cienc. UNEMI*, vol. 10, no. 22, pp. 29–38, 2017.
- [25] R. Guzmán, *Diseño de un sistema de inventarios en una empresa comercializadora de alimentos*. 2021, p. 79.
- [26] R. H. Sampieri, *Metodología de la investigación Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Primera ed. México: McGraw-Hill, 2018.