



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICOS
PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DE DEMANDA EN UNA EMPRESA
COMERCIALIZADORA DE AROMATIZANTES PARA VEHÍCULOS EN GUATEMALA**

Marilyn Lisbeth Calderón Fabian

Asesorado por el M.A. Ing. Oscar Efraín Quiñónez Reyes

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICOS
PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DE DEMANDA EN UNA EMPRESA
COMERCIALIZADORA DE AROMATIZANTES PARA VEHÍCULOS EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARILYN LISBETH CALDERÓN FABIAN

ASESORADO POR EL M.A. ING. OSCAR EFRAÍN QUIÑÓNEZ REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Karla María Lucas Guzmán
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICOS
PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DE DEMANDA EN UNA EMPRESA
COMERCIALIZADORA DE AROMATIZANTES PARA VEHÍCULOS EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 28 de enero de 2022.

Marilyn Lisbeth Calderón Fabian



EEPFI-PP-0493-2022

Guatemala, 31 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICOS PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DE DEMANDA EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE AROMATIZANTES PARA VEHÍCULOS EN GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Pronósticos**, presentado por la estudiante **Marilyn Lisbeth Calderón Fabian** carné número **200614955**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Estadística Aplicada.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Oscar Efraín Quiñónez Reyes
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 12 383

Mtro. Oscar Efraín Quiñónez Reyes
Asesor(a)

Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0493-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICOS PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DE DEMANDA EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE AROMATIZANTES PARA VEHÍCULOS EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Marilyn Lisbeth Calderón Fabian**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in blue ink over a horizontal line, followed by an official circular stamp. The stamp contains the text: 'UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS', 'DIRECCION', 'Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial', and 'FACULTAD DE INGENIERIA'.

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.368.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICOS PARA OPTIMIZAR LA PLANIFICACIÓN DE DEMANDA EN UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA DE AROMATIZANTES PARA VEHÍCULOS EN GUATEMALA**, presentado por: **Marilyn Lisbeth Calderón Fabian**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada



Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la luz de mi camino, por darme las fuerzas y sabiduría para alcanzar cada meta que me propongo.
Mi hijo	Martín Fernández por ser la inspiración y motor de mi vida, te amo infinitamente.
Mi esposo	Ricardo Fernández por ser el amor de mi vida, por el apoyo incondicional que me brinda todos los días, por ser mi mejor amigo y un padre excepcional para nuestro hijo.
Mis padres	Atilio Calderón y Verónica Fabian, por ser los pilares fundamentales en mi vida, por nuestro amor filial y por enseñarme a luchar siempre por lo que deseo. Este logro también es de ustedes.
Mis hermanas	Carol, Lucky e Ingrid Calderón Fabian, por nuestro amor fraternal, por ser mis mejores amigas y por presionarme para cerrar este ciclo.
Mis sobrinos	Ángel, Andrea y Alexandra Balcárcel, Diego Arriaga y Andrés, Javier y Angie López, porque los amo como si fueran mis hijos.

Mi familia

Por su apoyo, cariño y por los bonitos momentos que compartimos en familia.

Mis amigos

Por todas las aventuras que compartimos juntos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser el guía de mi camino, infinitas gracias por todas las bendiciones en mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa institución, siempre orgullosa de mi <i>alma mater</i> .
Facultad de Ingeniería	Por enseñarme las herramientas necesarias a través del conocimiento técnico, científico y ético para desempeñarme como una profesional íntegra.
Mi asesor de tesis	Ingeniero Efraín Quiñónez, por el apoyo y el seguimiento que me brindó durante el proceso de mi diseño de investigación.
Mis mejores amigos	Karen Orozco, Omar Ponce, Brenda Cermeño, Luis Castillo, Maricarmen Figueroa, Juan Pablo Monroy, Andrea Pérez, Brenda Socop, Agnes de León, Efraín Quiñónez, Mariela Ordoñez y Carlos Lemus por las anécdotas, las desveladas, las risas, las enseñanzas recíprocas y por crecer paralelamente conmigo. Los quiero mucho, mi familia por elección.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3.1. Contexto general	13
3.2. Descripción del problema	13
3.3. Formulación del problema	14
3.4. Delimitación del problema	14
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Estadística.....	21

7.1.1.	Definición.....	21
7.1.2.	Tipos de estadística	21
7.1.2.1.	Estadística descriptiva.....	22
7.1.2.2.	Estadística inferencial	22
	7.1.2.2.1. Pruebas de hipótesis.....	22
7.1.3.	Pronósticos.....	23
7.1.3.1.	Definición.....	23
7.1.3.2.	Clasificación	25
7.1.3.3.	Métodos de pronósticos	26
	7.1.3.3.1. Métodos cualitativos.....	26
	7.1.3.3.2. Métodos cuantitativos ...	27
	7.1.3.4. Medidas de error de pronóstico.....	52
7.2.	Empresa.....	55
7.2.1.	Definición.....	55
7.2.2.	Clasificación	55
	7.2.2.1. Empresa comercializadora.....	56
	7.2.2.1.1. MYPYME.....	57
	7.2.2.1.2. Canales de distribución	57
7.2.3.	Planificación de la demanda.....	57
8.	PROPUESTA DE ÍNDICES DE CONTENIDOS.....	59
9.	METODOLOGÍA	61
9.1.	Características del estudio	61
9.2.	Unidades de análisis	61
9.3.	Operativización de variables	62
9.4.	Fases del estudio	62

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	65
11.	CRONOGRAMA.....	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	71
12.1.	Características del estudio	71
12.2.	Recursos financieros	71
12.3.	Recursos tecnológicos.....	72
12.4.	Acceso a información y permisos	72
12.5.	Equipo e infraestructura.....	72
13.	REFERENCIAS	73
14.	APÉNDICE.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Flujograma del proceso de investigación	20
2.	Descomposición de la serie temporal.....	29
3.	Promedios móviles simple y doble	34
4.	Proceso de construcción de un modelo de <i>Box-Jenkins</i>	41
5.	Coefficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos AR (1) y AR (2)	43
6.	Coefficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos MA (1) y MA (2)	44
7.	Coefficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo mixto ARMA (1, 1)	45
8.	Relación lineal: β_0 (intersección); β_1 (pendiente).....	49
9.	Recta de regresión.....	51
10.	Diagrama de dispersión con rectas de regresión	51
11.	Cronograma de actividades	69

TABLAS

I.	Técnicas de pronósticos.....	25
II.	Resumen de FAC y FACP	47
III.	Operativización de variables	62
IV.	Comprobación de supuestos estadísticos.....	66
V.	Medidas de error de pronósticos.....	67
VI.	Presupuesto	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Q	Quetzales (moneda nacional guatemalteca)

GLOSARIO

Cadena de suministro	Es el conjunto de actividades, instalaciones y medios de distribución necesarios para llevar a cabo el proceso de venta de un producto en su totalidad. Esto es, desde la búsqueda de materias primas, su posterior transformación y hasta la fabricación, transporte y entrega al consumidor final.
Cliente	Es una persona o entidad que compra los bienes y servicios que ofrece una empresa.
Clientes externos	Son las personas que no forman parte de la empresa y pagan a cambio de un bien o servicio que ofrece una determinada empresa.
Demanda	Es la cantidad total de un bien o servicio que la gente desea adquirir.
Diagrama de caja y bigotes	También llamados boxplot, son una presentación visual que describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría.
Diagrama de dispersión	Es una presentación pictórica de la relación entre dos variables. Puede utilizarse para averiguar la correlación entre las variables.

Distribuidor	Es la persona u organización que se encarga de vender un producto o servicio, desempeñándose como intermediario entre el productor y el consumidor.
Horizonte de tiempo	Es a cuánto tiempo se hace la predicción.
Muestra	Es un subconjunto de datos perteneciente a una población de datos.
Parámetro	Es un número que resume la gran cantidad de datos que pueden derivarse del estudio de una variable estadística.
Pendiente	Es la inclinación de un elemento lineal, natural o constructivo respecto de la horizontal (de 0° o 180°).
Población	Es el total de individuos o conjunto de ellos que presentan o podrían presentar el rasgo característico que se desea estudiar.
Regresor	También llamada variable independiente.
Residual	Es la diferencia entre el valor observado de la variable dependiente y el valor proyectado por la ecuación de regresión.
R Studio	Paquete de <i>software</i> estadístico.

Rezago

Es un término que puede utilizarse para nombrar un retraso o un aplazamiento.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es proponer un modelo de pronósticos para optimizar la planificación de demanda en una empresa comercializadora de aromatizantes para vehículos en Guatemala; considerando la gran importancia que tienen los pronósticos en los negocios ya que les ayuda a controlar su inventario y a planificar de forma óptima la demanda de cada producto, materia prima, material de empaque o insumos para que todas las áreas involucradas puedan tomar decisiones más acertadas que favorezcan la rentabilidad de la empresa.

La investigación es de tipo cuantitativo debido a que se analiza el comportamiento de la demanda del producto en estudio, con diseño no experimental dado que se trabaja con la base de datos de las ventas históricas de los años 2018, 2019 y 2020, el alcance es descriptivo correlacional debido a que se estudian las causas, características y propiedades de la variable dependiente (ventas) y, se analiza la relación que tienen las ventas con la variable independiente (tiempo) esto con el fin de pronosticar las ventas futuras.

Para lograr este propósito se aplican técnicas estadísticas como análisis descriptivo, gráficas de dispersión de datos y diagramas de cajas y bigotes, así como también los métodos de series temporales para la elaboración del modelo de pronóstico que se adapta mejor a la demanda de aromatizantes para vehículos.

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio de investigación es una sistematización del proceso de planificación de la compra del producto aromatizantes para vehículos que importa la empresa representante de la marca Aromáticos LD España.

La empresa no planifica el abastecimiento oportuno ni conoce el comportamiento de la demanda en función del tiempo del producto en estudio, por lo que se propone realizar un diagnóstico general de la serie de tiempo para evaluar los métodos de pronósticos correspondientes; comprobando la precisión de los modelos para pronosticar las ventas futuras.

Los pronósticos de ventas son importantes para una empresa, ya que les ayuda a controlar su inventario y a planificar de forma óptima la demanda de cada producto, materia prima, material de empaque o insumos para que todas las áreas involucradas puedan tomar decisiones más acertadas que favorezcan la rentabilidad de la empresa.

La metodología de la investigación es de tipo cuantitativo, con diseño no experimental y el alcance es descriptivo correlacional. Las variables que se analizarán serán las ventas históricas del producto aromatizantes para vehículos como variable dependiente y, el periodo de tiempo de los años 2018 a 2020, se evaluará como la variable independiente.

El resultado que se espera es que la empresa tenga un óptimo inventario en *stock* para poder abastecer a sus clientes, con el fin de no incurrir en costos altos de operación y que puedan generar mayor ganancia. Este procedimiento lo

podrán tomar de referencia para otros productos que vendan con las mismas características.

En la primera fase se revisará la información documental, se buscará toda la bibliografía que fundamentará los temas que se analizarán en la presente investigación. En la segunda fase se recopilará la serie temporal de las ventas históricas de enero de 2018 a diciembre de 2020, de la base de datos que proporcionará la empresa. En la tercera fase se realizará un diagnóstico del comportamiento de la demanda en función del tiempo y, según los patrones de la serie temporal se evaluarán los datos con los métodos específicos de pronósticos; por último, se evaluará la precisión de cada modelo utilizando las medidas de error de pronósticos. En la cuarta fase se analizarán los resultados obtenidos en cada método de pronóstico, así como también se elegirá el modelo de predicción que menor error genere para pronosticar las ventas futuras y por último se redactará el informe final.

El trabajo de investigación es factible debido a que se cuentan con todos los recursos necesarios para desarrollar todas las fases del estudio.

En el primer capítulo: se describirá el marco referencial o las investigaciones relacionadas con los temas que se abordarán en el presente estudio, las cuales se han sustentado con anterioridad, estas servirán de base para la investigación en curso.

En el segundo capítulo: se detallará el marco teórico, el cual se divide en dos partes, la primera contiene la parte estadística que detalla los conceptos, fundamentos, teorías y ecuaciones que sustentarán la investigación y, en la segunda parte se detallarán los conceptos en donde se realizará el estudio; en este caso de la empresa en donde se realizará el análisis de las ventas históricas.

En el tercer capítulo: se realizará la presentación de resultados.

En el cuarto capítulo: se realizará la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Los pronósticos de ventas son importantes para una empresa, ya que le ayuda a controlar su inventario y a planificar de forma óptima la demanda de cada producto, materia prima, material de empaque o insumos para que todas las áreas involucradas puedan tomar decisiones más acertadas, que favorezcan la rentabilidad de la empresa. Se toma de referencia las siguientes investigaciones y artículos que aportarán a la propuesta de análisis de comportamiento de la demanda que se quiere realizar.

En la investigación de Castellanos (2019) Evaluación de una metodología matemática de mínimos cuadrados para optimizar pronósticos de venta de productos de confitería aireados, en una fábrica ubicada en el Municipio de Escuintla, tres productos de confitería aireados fueron sujetos de estudio de pronósticos de ventas con el método de mínimos cuadrados en donde las cantidades planificadas fueron comparadas con un periodo de nueve meses previo.

Las ventas reales de cada uno de los productos fueron analizadas con métodos de regresión lineal, logarítmica y exponencial, así como también el error de pronóstico y el resultado dado fue que el mejor modelo para pronosticar sus ventas era el de regresión lineal, ya que con este modelo redujo el rango de error de pronóstico en un 8 % y mejoró el nivel de cobertura de inventario en bodega. Si al realizar el análisis de las variables, presentan correlación y cumplen con el supuesto de linealidad en donde la demanda tiene un comportamiento creciente o decreciente, se podría tomar de referencia el análisis de mínimos cuadrados.

En el artículo Aplicaciones prácticas de los métodos estadísticos para pronósticos en series de tiempo, Sánchez (2012) afirma: “Una serie cronológica es una secuencia de valores de una variable, observados y ordenados en el tiempo” (p. 81). Así como también detalla los diferentes patrones que se pueden obtener al analizar el modelo que mejor se ajusta a los datos. El artículo hace énfasis que para determinar el pronóstico se debe iniciar con la clasificación de las variables a predecir, posteriormente se debe realizar un gráfico de dispersión con los datos históricos para evaluar los modelos estadísticos que correspondan.

Los métodos de pronósticos se clasifican en cualitativos y cuantitativos, los segundos se basan en modelos matemáticos o estadísticos, estos métodos se clasifican en determinísticos y probabilísticos. El método que analizó el autor en el artículo fue el de regresión y predicción de una sola variable, por lo que se deben analizar cuidadosamente las variables regresoras o independientes para que el modelo que se elija genere un pronóstico con mejor precisión. Para aplicar cualquier método de pronósticos, primero se deben comprobar los supuestos de normalidad, igualdad de varianzas e independencia. Por lo que se pueden tomar de referencia los pasos sugeridos para identificar el modelo matemático que se adapte mejor a la variable de estudio en la presente investigación.

En la tesis de Gallegos (2019) titulada Disminución de desabasto mediante un pronóstico de demanda y una política de inventarios, el autor de la investigación redujo el desabasto del producto terminado de arneses automotrices, producido por las variaciones de demanda, y realizó el análisis de los datos históricos para los siguientes métodos de pronósticos: promedio móvil, promedio móvil ponderado, suavización exponencial, Holt-Winters, así como también evaluó la política de inventario. Concluyó que el mejor resultado obtenido para pronosticar la demanda fue con el modelo de suavización exponencial, en el cual se tenía el menor error porcentual. En este estudio se pueden analizar

otros métodos de pronósticos como el de regresión lineal para comparar los resultados con los métodos antes mencionados, para evaluar otro modelo de pronóstico con mejor precisión. Gallegos (2019) indica:

Un punto clave en el correcto funcionamiento de la cadena de suministro es el pronóstico de demanda que un cliente le hace llegar a sus proveedores. Cuando este llega a ser incorrecto o inconsistente, se incurre en gastos que no se tenían contemplados, lo que causa una disrupción en los procesos (p. 1).

En la investigación, referente a la distribución de productos de cuidado y aseo personal para la mascota del hogar, el autor propuso una gestión de inventarios con pronósticos de ventas, la cual trata sobre el análisis en los procesos de inventarios y manejo de almacén. Cazorla (2019) afirma que “La falta de una gestión de inventarios y un adecuado pronóstico de ventas hacen que una empresa funcione sin soporte técnico correspondiente, produciendo perjuicios, por ejemplo, incrementándose costos y pérdida de beneficios” (p. 4). En el estudio el autor propuso utilizar el método de reorden para la gestión de inventario y el método ABC para el correcto manejo de almacenes, así como también la utilización de la metodología de 5´s. Esta investigación se puede tomar de guía específicamente en la propuesta del método de reorden para proponer una óptima gestión de inventarios.

En el artículo que trata sobre la aplicación de pronósticos en la toma de decisiones en las micro, pequeñas o medianas empresas, el autor hace énfasis en que deben de implementar un adecuado pronóstico para que las personas que tomen las decisiones en las mismas puedan predecir de forma sistemática las decisiones para las áreas operativas. Uno de los criterios más importantes de este artículo es la elección del modelo que genera el menor margen de error,

Pérez Paredes, A., Cruz de los Ángeles, J. A., Guatemala Villalobos, A. M., & Juárez Fonseca, V. (2018) indican:

Para aplicar un método de pronósticos, es fundamental contar con serie de datos que permitirán determinar aquel método cercano al futuro deseado, considerando el error que pudiera presentarse, mismo que será medido por las diferentes técnicas acercando al valor exacto del error cero Por lo que este artículo apoyará de referencia para la elección del método que genere el menor margen de error en los datos de estudio. (p. 114).

En la tesis de Frausto (2009) titulada Pronósticos de ventas para la administración estratégica de los recursos en una empresa del sector automotriz, cinco productos de una empresa de autopartes fueron evaluados con diferentes tipos de pronósticos, entre los cuales están los cualitativos, de análisis gráfico, cuantitativos, de descomposición de series, auto correlacionados, regresión múltiple y redes neuronales. Lo primero que se realizó en la investigación fue la clasificación y ordenamiento de la información, luego graficaron los datos, después se evaluaron los datos históricos para cada uno de los métodos indicados, luego se evaluaron los índices de error para cada modelo seleccionado y, por último, se comparó el mejor método para pronosticar las ventas.

De esta tesis se puede tomar de referencia la evaluación del método de los modelos de autocorrelación con el método ARIMA, si al graficar los datos de las ventas históricas no tienen tendencia ni estacionalidad, significa que no suponen ningún patrón en específico, según Frausto (2009) “la metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es distinta de la mayoría de los métodos debido a que no supone un patrón particular en los datos históricos de las series que han de pronosticarse” (p. 42).

En la tesis de Ojeda (2017) enfocada al sector calzado, Modelo de gestión para la planificación de las operaciones en las pymes del sector calzado y su impacto en el rendimiento de la inversión en donde evalúan el rendimiento de la inversión, los métodos de suavizamiento exponencial de Brown, suavizamiento exponencial lineal de Holt, suavizamiento exponencial de Winter, modelos auto regresivos de ARIMA, así como también se planificaron las operaciones en las áreas de ventas y producción tomando en cuenta la capacidad de instalación de la empresa, determinaron el ROIC de la empresa y propusieron acciones de mejora en la cadena de suministros.

Ojeda (2017) afirma:

Disponer de un modelo de gestión también genera enfoque en la administración de las operaciones ya que permite conocer exactamente en donde se debe concentrar los esfuerzos de mejora continua para maximizar el rendimiento del capital invertido por los accionistas. (p.72)

De este trabajo de investigación se podrán tomar de referencia los procesos que recomiendan realizar para las pymes.

En la tesis Pronóstico de Demanda utilizando la metodología de Box-Jenkins, Echeagaray (2017) afirma que: “Hay dos enfoques al análisis de datos de series de tiempo, un enfoque basado en descomposición en bandas de frecuencia denominado análisis espectral y un enfoque basado en el modelado de la varianza mediante la estructura ARIMA” (p. 8). En este estudio se realizó el análisis del pronóstico de demanda con el método ARIMA en el cual se realizó un gráfico para identificar los componentes o patrones de los datos, luego un análisis de autocorrelación de los datos, seguido de la transformación de la serie y por último se graficaron la FAC de la serie transformada y la FACP para la serie

estacionaria. Cuando eligieron el modelo apropiado, evaluaron el modelo con base a los errores de los residuos para verificar las hipótesis requeridas. Este trabajo de investigación puede ayudar de guía para realizar el proceso al evaluar el método ARIMA en los datos de estudio.

En la tesis de Mayorga Mora (2020) titulada Optimización de la cadena de suministros para la planta de producto terminado en la empresa Cukra Industrial, S.A., el autor realizó el estudio de investigación en una empresa que fabrica *snacks* a base de maní y nueces de diferente tipo, específicamente en el área de producto terminado, en donde se analizaron la demanda de los productos más relevantes realizando la metodología A, B, C de inventarios, se realizó el diagnóstico de la cadena de suministros de los productos en mención, se evaluó el mejor modelo de pronósticos para cada categoría, con el fin de llevar a la empresa a un nivel de servicio mayor al 90 %, renovando las políticas de inventario y minimizando costos. Mayorga y Mora (2020) aseguran que “Antes de la implementación de cualquier cambio en una organización se tiene que conocer su realidad” (p. 40). Por lo que es de suma importancia verificar el método actual que utiliza la empresa en donde se realizará la investigación para poder realizar el diagnóstico adecuado.

Asencio (2018) afirma que “una vez se tiene un modelo de series de tiempo y se sabe de las propiedades de estas, es necesario comprobar la normalidad e independencia de los residuos con la finalidad de darle validez al mismo” (p. 58). En la tesis el autor realizó un análisis de regresión lineal que se aplicó a los contenedores que movilizan en uno de los puertos de Guatemala, se evaluaron los modelos de regresión lineal y de autoregresión de media móvil (ARIMA) a la cantidad de contenedores de importación y exportación en el Puerto Santo Tomás de Castilla, se verificaron cada uno de los supuestos estadísticos, así como la significancia y ajuste de los modelos evaluados para explicar el

comportamiento de la serie temporal. De esta investigación se tomará de referencia la evaluación de los supuestos estadísticos para los modelos de pronósticos que se analicen.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La empresa que se tomará de referencia para este estudio de investigación es una empresa familiar que opera desde el año 1998, se dedica a la comercialización y fabricación de productos automotrices, ubicada en zona 7 de la Ciudad de Guatemala. Entre los grupos de familia de tipo automotriz que venden, se encuentran los lubricantes, aromatizantes, productos de limpieza y mantenimiento. Tienen las siguientes marcas de representación: Aromáticos LD España y Lubricantes Gonher de México.

La Gerencia Administrativa realiza la compra de materiales y productos bajo criterio personal, sin realizar una planificación de abastecimiento, por lo que se considera de gran importancia analizar el comportamiento de la demanda del producto líder del grupo de familia aromatizantes, el cual importan desde España, para proponer un modelo de series temporales que se adapte mejor a la demanda del producto.

3.2. Descripción del problema

La empresa no realiza una planificación de abastecimiento para la compra de sus materiales y productos; para esta situación se tomó la decisión de analizar el comportamiento de uno de sus productos de importación (aromatizante para vehículos) de la marca Aromáticos LD España, debido a que no han implementado un modelo para calcular su demanda futura, lo que provoca quiebres de stock, ventas perdidas y altos costos de operación.

Debido a esto es necesario analizar el comportamiento de la demanda, conocer las técnicas de pronósticos que se utilizarán y con base a esto elegir el modelo estadístico que mejor se adapte, para poder pronosticar óptimamente la compra de este.

3.3. Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cuál es el modelo de pronósticos para optimizar la planificación de demanda en una empresa comercializadora de aromatizantes para vehículos en la Ciudad de Guatemala?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuál es el diagnóstico del comportamiento de la demanda en función del tiempo de las ventas de los años 2018, 2019 y 2020?
 - ¿Qué métodos de pronósticos se evaluarán en la serie de datos histórica de ventas?
 - ¿Qué modelo de pronósticos genera el menor error?

3.4. Delimitación del problema

Se analizará la demanda del producto aromatizante para vehículos, se analizarán las ventas de los últimos tres años (2018-2020) de una empresa que comercializa aromatizantes para vehículos en Guatemala.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación en que se enfocará este estudio es la de Pronósticos que abarca el campo de la cadena de suministros, debido a que se analizará el comportamiento de la demanda de las ventas históricas de los años 2018, 2019 y 2020, para proponer un modelo estadístico que se adapte mejor a la serie temporal.

El problema presentado es que la empresa no realiza una planificación de abastecimiento para la compra de sus materiales y productos, por lo que incurre en altos costos de operación y quiebres de *stock*.

Los pronósticos de ventas son importantes para una empresa, ya que les ayuda a controlar su inventario y a planificar de forma óptima la demanda de cada producto, materia prima, material de empaque y/o insumos para que todas las áreas involucradas puedan tomar decisiones más acertadas que favorezcan la rentabilidad de la empresa.

La presente investigación es sumamente importante porque las empresas necesitan cumplir con la demanda que les solicitan sus clientes, para no tener pérdidas en las ventas, así como también deben de contar con un adecuado stock de inventario en sus bodegas con el fin de no incurrir en costos de emergencia o costos de obsolescencia. Castellanos (2019) afirma:

Realizar el pronóstico de ventas permite elaborar el presupuesto de ventas, a partir de éste, elaborar los demás presupuestos, tales como el de

producción, el de compra de insumos o mercadería, el de requerimiento de personal, el de flujo de efectivo, entre otros” (p. 15).

La motivación de realizar esta investigación es debido a que la mayoría de las PYME en Guatemala no realizan una planificación de demanda de los productos que comercializan basándose en los modelos de pronósticos, por lo que este estudio puede servir de referencia para el análisis de planificación de la demanda de algún producto similar al producto objeto de este estudio.

El beneficio que se obtendrá será de mejorar los procesos logísticos principalmente el de control de inventarios, con la finalidad de reducir costos de operaciones y aumentar sus ganancias derivado de las ventas que podrá realizar.

Los beneficiarios serán las áreas internas de la empresa en donde se realizará el estudio: Ventas, Compras, Bodega, los proveedores y los clientes externos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Proponer un modelo de pronósticos para optimizar la planificación de demanda en una empresa comercializadora de aromatizantes para vehículos en Guatemala.

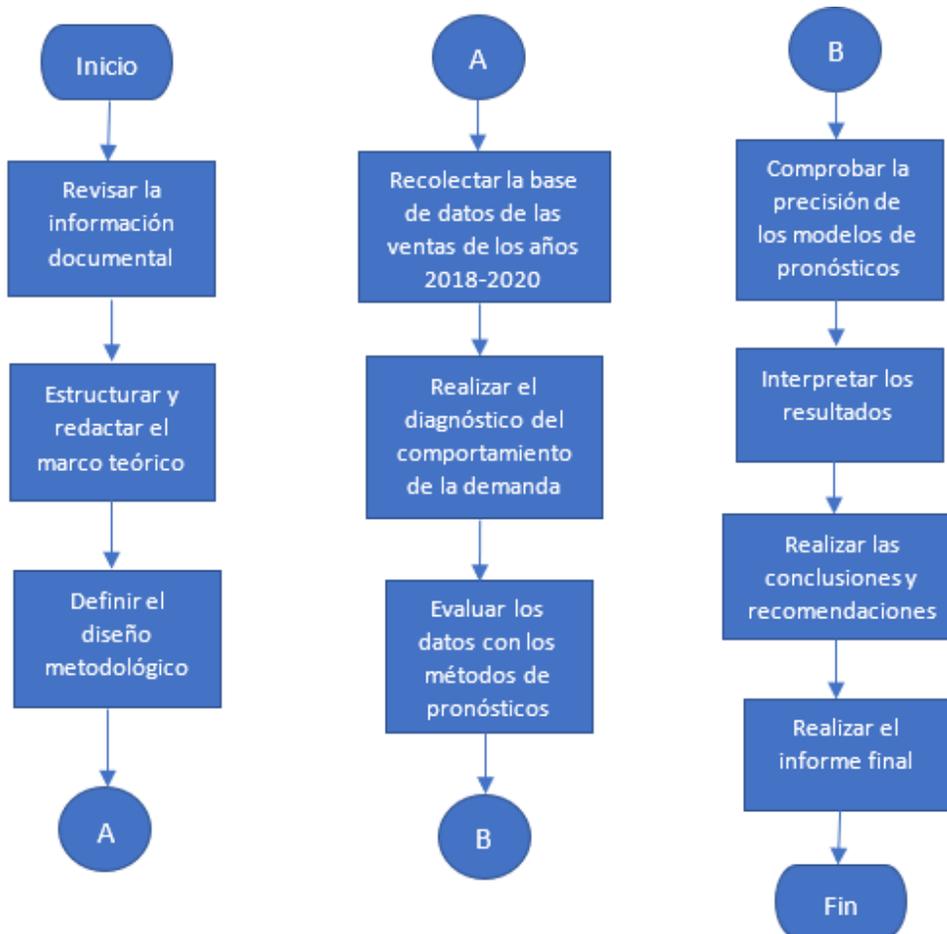
5.2. Específicos

- Realizar un diagnóstico del comportamiento de la demanda en función del tiempo de las ventas históricas de los años 2018, 2019 y 2020.
- Evaluar el histórico de ventas por medio del análisis de series temporales utilizando los métodos de pronósticos específicos según los patrones de la demanda.
- Comprobar la precisión de los modelos específicos que se evaluarán, utilizando las medidas de error de pronósticos.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

En esta investigación se realizará el diagnóstico del comportamiento de la demanda del producto aromatizante para vehículos que se importa desde España, con el fin que la empresa realice una planificación adecuada para la compra de este producto, adquiriendo un óptimo stock de inventario, para poder satisfacer las necesidades de sus clientes. Adicionalmente también podrían replicar el procedimiento que se realizará en este estudio, para los demás productos que tengan características similares. A continuación, se detalla un flujograma del proceso de investigación:

Figura 1. **Flujograma del proceso de investigación**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2021.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Estadística

Ciencia que estudia la recolección, organización, planificación y análisis de los datos, con el objetivo de tomar decisiones eficaces y realizar estimaciones futuras.

7.1.1. Definición

“Ciencia por medio de la cual se recogen, organizan, presentan, analizan e interpretan datos con el fin de propiciar una toma de decisiones más eficaz” (Lind, Marchal y Wathen, 2015, p. 3).

Salazar y Del Castillo (2018) afirman “Es la ciencia que se encarga de la recolección, ordenamiento, representación, análisis e interpretación de datos generados en una investigación sobre hechos, individuos o grupos de estos, para deducir de ello conclusiones precisas o estimaciones futuras” (p. 13).

7.1.2. Tipos de estadística

“Básicamente la estadística se divide en dos grandes ramas: estadística descriptiva o matemática y estadística inferencial, estas dos divisiones se articulan adecuadamente mediante las probabilidades” (Salazar y Del Castillo, 2018, p. 14).

7.1.2.1. Estadística descriptiva

“Métodos para organizar, resumir y presentar datos de manera informativa” (Lind, *et al.*, 2015, p. 4).

Salazar y Del Castillo (2018) afirman “es la parte de la estadística que permite analizar todo un conjunto de datos, de los cuales se extraen conclusiones valederas, únicamente para ese conjunto. Para realizar este análisis se procede a la recolección y representación de la información obtenida” (p. 14).

7.1.2.2. Estadística inferencial

“Métodos que se emplean para determinar una propiedad de una población con base en la información de una muestra de esta” (Lind, *et al.*, 2015, p. 5).

Salazar y Del Castillo (2018) indican “entonces podemos concluir que la estadística inferencial analiza o investiga a una población, valiéndose de los datos y resultados que se obtienen de una muestra” (p. 14).

7.1.2.2.1. Pruebas de hipótesis

“Procedimiento basado en evidencia de la muestra y la teoría de la probabilidad para determinar si la hipótesis es una afirmación razonable” (Lind, *et al.*, 2015, p. 283). Se refiere a la afirmación o a la suposición sobre un parámetro de la población.

Walpole, Myers, Myers y Ye (2012) indican:

La estructura de la prueba de hipótesis se establece usando el término hipótesis nula, el cual se refiere a cualquier hipótesis que se desea probar y se denota con H_0 . El rechazo de H_0 conduce a la aceptación de una hipótesis alternativa, que se denota con H_1 . La comprensión de las diferentes funciones que desempeñan la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1) es fundamental para entender los principios de la prueba de hipótesis. La hipótesis alternativa H_1 por lo general representa la *pregunta que se responderá o la teoría que se probará*, por lo que su especificación es muy importante. La hipótesis nula H_0 *anula o se opone a H_1* y a menudo es el complemento lógico de H_1 (p. 320).

7.1.3. Pronósticos

Sirven para estimar eventos de incertidumbre, ayudan para planificar la demanda de algún producto o servicio en específico para generar pronósticos en los negocios.

7.1.3.1. Definición

Un pronóstico es la estimación del comportamiento futuro de alguna variable en función del tiempo en situaciones de incertidumbre. Los pronósticos también se enfocan en la planificación de la demanda, en donde aportan información valiosa para un óptimo abastecimiento de los productos o servicios de alguna empresa o para la realización de nuevos proyectos. Cuando se realiza un adecuado análisis de pronósticos, las siguientes áreas se benefician: Presupuestos, Finanzas, Compras, Planificación, Producción, Bodega, Mercadeo y Ventas, así como también el Cliente Externo.

Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011) afirman:

El pronóstico es un insumo para todos los tipos de planeación y control de los negocios, tanto dentro como fuera de la función de operaciones. El marketing recurre a los pronósticos para la planeación de los productos, la promoción y el establecimiento de precios. Finanzas los usa como un insumo para la planeación financiera. El pronóstico es un insumo para las decisiones de operaciones relacionadas con el diseño del proceso, la planeación de la capacidad y los inventarios (p. 239).

Los que se deben realizar luego de identificar la serie temporal con la que se trabajará son los siguientes:

- Recopilación de datos de la serie de tiempo
- Limpieza de los datos
- Evaluación de las técnicas de pronósticos
- Implementación del modelo de pronóstico
- Evaluación del modelo de pronóstico

Para elegir una técnica de pronósticos, se detalla en la siguiente tabla las técnicas o métodos que se deben evaluar, según los componentes de la serie temporal, indica el horizonte que puede pronosticar cada modelo, el método y los datos mínimos requeridos para evaluar según sean estacionales o no estacionales:

Tabla I. **Técnicas de pronósticos**

Método	Patrón de datos	Horizonte de tiempo	Tipo de modelo	Datos mínimos requeridos	
				No estacionales	Estacionales
Promedios simples	Estacionario	Corto plazo	Serie de tiempo	30	
Promedios móviles	Estacionario	Corto plazo	Serie de tiempo	4-20	
Suavizamiento exponencial	Estacionario	Corto plazo	Serie de tiempo	2	
Suavizamiento exponencial simple	De tendencia	Corto plazo	Serie de tiempo	3	
Suavizamiento exponencial doble o de Holt	De tendencia	Corto plazo	Serie de tiempo	4	
Suavizamiento exponencial triple o de Holt-Winters	Estacional	Corto plazo	Serie de tiempo		2 X s
Regresión simple	De tendencia	Mediano plazo	Causal	10	
Descomposición	Estacional	Corto plazo	Serie de tiempo		5 X s
Box-Jenkins (ARIMA)	Estacionario, De tendencia, Estacional y Cíclico	Corto plazo	Serie de tiempo	24	3 X s

Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 80.

7.1.3.2. Clasificación

Los pronósticos se clasifican según su horizonte de tiempo, Montemayor (2013) los describe como sigue:

De corto plazo (máximo 3 meses): son más precisos que los de mediano y largo plazo, se utilizan en las empresas para tomar decisiones en el área de producción como compras, mano de obra y niveles de producción.

De mediano plazo (de 3 meses a 3 años): se utilizan en la planificación para la elaboración de presupuestos estimando las ventas y flujos de efectivo.

De largo plazo (más de 3 años): se utilizan para predecir las ventas de nuevos productos, las ganancias de la introducción de nuevas tecnologías, o bien los beneficios de la expansión a nuevos mercados (p. 9).

7.1.3.3. Métodos de pronósticos

Schroeder, *et al.*, (2011) señalan “Los tres tipos de métodos de pronóstico que existen son: cualitativos, series de tiempo y causales” (p. 240).

7.1.3.3.1. Métodos cualitativos

Los pronósticos cualitativos deben usarse cuando los datos históricos no son indicadores confiables de las condiciones futuras; si eso sucede, los datos históricos deben templarse mediante el criterio antes de que pueda desarrollarse un pronóstico. Asimismo, los pronósticos cualitativos deben emplearse para introducciones de nuevos productos para los cuales no se dispone de una base de datos histórica; en este caso, pueden aplicarse métodos cualitativos para desarrollar un pronóstico por analogía o por el uso selectivo de datos de investigación del mercado (Schroeder, *et al.*, 2011, p. 241).

- Método Delphi

Este método se basa en reunir a un grupo de personas expertas en donde los participantes no tienen contacto, ya que realizan los pronósticos anónimamente, lo realizan en una serie de etapas iterativas, el objetivo es retroalimentar a cada representante y lograr llegar a un consenso. En la primera etapa el moderador recibe los pronósticos de cada experto con sus respectivos argumentos, seguidamente el moderador realiza estimaciones estadísticas calculando el primer cuartil, la mediana y el tercer cuartil, los resultados los comparte con los expertos. Como segunda etapa los expertos realizan una valoración de sus pronósticos y los vuelven a enviar al moderador para el análisis estadístico, el cual sirve de base para la tercera etapa. Las etapas siguientes son

similares, esta iteración controlada y retroalimentada estadísticamente, busca reducir la variabilidad en los pronósticos para llegar a un consenso. La desventaja de este método es que algunas veces no logran llegar a un consenso (Montemayor, 2013).

7.1.3.3.2. Métodos cuantitativos

Hay dos tipos de métodos cuantitativos de pronóstico: el análisis de series de tiempo y los pronósticos causales. En general, los métodos cuantitativos manejan un modelo matemático fundamental para llegar a un pronóstico. El supuesto básico de todos los métodos cuantitativos de pronóstico es que los datos históricos y los patrones de los datos son instrumentos de predicción confiables del futuro (Schroeder, *et al*, 2011, p. 240).

- Series de tiempo

Hanke y Wichern (2010) afirman “Una serie de tiempo consiste en datos que se recopilan, registran u observan durante incrementos sucesivos de tiempo” (p. 62).

Nájera (2020) indica “Una serie de tiempo como tal puede ser descrita como una colección de datos reunidos sobre la misma variable a lo largo de un periodo de tiempo establecido” (p. 7).

“Esto significa que la información deberá de recopilarse en intervalos regulares, es decir, ya sea de manera diaria, semanal, mensual, trimestral, cuatrimestral, o de manera anual, sin cambiar la periodicidad en que se recopilan nuevos datos” (Nájera, 2020, p. 7).

Sánchez (2012) afirma “Una Serie Cronológica es una secuencia de valores de una variable, observados y ordenados en el tiempo” (p. 81).

La notación que se utiliza para una serie temporal suele ser la siguiente:

$$Y_t = f(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}) \text{ (Ec. 01)}$$

Donde:

Y_t = Es el valor de la serie temporal en el período t.

Y_{t-1} = Es la variable en el período t-1, es decir, con un rezago.

Y_{t-p} = Es el valor de la variable en el período t-p, es decir, con p rezagos.

Lo que significa que la variable Y_t está en función del tiempo, en períodos rezagados. Las variables pueden ser datos históricos que cambian a través de un determinado período de tiempo.

- Patrones o componentes

Las series de tiempo se dividen generalmente en 4 patrones o componentes, Nájera (2020) indica:

Una práctica muy común en el manejo de pronósticos es suponer que los datos de una serie de tiempo están integrados por componentes individuales que pueden ser “eliminados” o “calculados” para facilitar el análisis de las series. Estos componentes normalmente son: tendencia, estacionalidad, cíclico (en algunos casos) y componente aleatorio (p. 9).

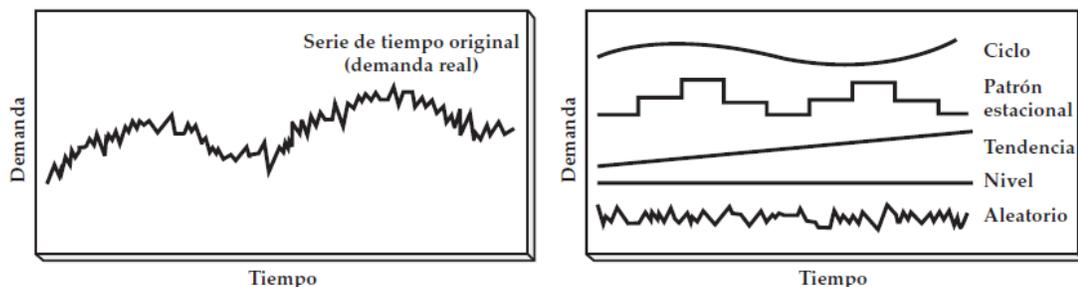
Nájera (2020) afirma “Podemos comprender a la tendencia de una serie de tiempo como el comportamiento a largo plazo de una serie. Es vista como el resultado de factores que intervienen de manera estructural en la serie” (p. 12).

“El componente estacional de una serie de tiempo representa, en su esencia más básica, la variabilidad presente en los datos de la serie ocasionada por influencia de las estaciones o periodos de tiempo en específico” (Nájera, 2020, p. 13).

Lind, *et al.* (2015) detallan “El componente cíclico como el aumento y reducción de una serie de tiempo durante periodos mayores de un año” (p. 569).

“El componente aleatorio o irregular. Este es causado principalmente por factores a corto plazo, los cuales son a su vez imprevisibles y no recurrente. El cálculo de este componente ayuda a explicar la variabilidad aleatoria de la serie” (Nájera, 2020, p. 15).

Figura 2. **Descomposición de la serie temporal**



Fuente: Schroeder, Meyer y Rungtusanatham. (2011). *Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos*. p. 243.

- Clasificación

Las series temporales se clasifican en series estacionarias y series no estacionarias.

“Una serie de tiempo estacionaria es aquella cuyas propiedades estadísticas básicas, como la media y la varianza, permanecen constantes a través del tiempo” (Hanke y Wichern, 2010, p. 87).

“Una serie de tiempo es no estacionaria si la serie parece crecer o declinar en el tiempo y las autocorrelaciones de la muestra no se desvanecen rápidamente” (Hanke y Wichern, 2010, p. 408).

Se puede realizar la prueba de Dickey-Fuller Aumentada para comprobar las siguientes hipótesis:

H₀: La serie temporal es no estacionaria.

H₁: La serie temporal es estacionaria.

- Supuestos

Antes de evaluar una serie temporal de datos con alguna técnica de pronósticos, se deben analizar los siguientes supuestos estadísticos para poder seleccionar el método con el que se debe trabajar.

Homocedasticidad: Indica si la variabilidad de la varianza es constante a lo largo del tiempo.

Heterocedasticidad: Indica si la variabilidad de la varianza aumenta o disminuye a lo largo del tiempo.

Se pueden realizar las pruebas de Breush-Pagan o la de homogeneidad normal estándar para comprobar las siguientes hipótesis:

Ho: la serie temporal no es heterocedástica.

H1: la serie temporal es homocedástica.

Independencia: indica que la serie temporal no posee autocorrelación.

Hanke y Wichern (2010) indican: “Autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma” (p. 64).

- Descomposición

La técnica por descomposición, como su nombre lo indica, descompone la serie temporal en cada uno de sus componentes. Hanke y Wichern (2010) afirman: “Un modelo que trata los valores de la serie de tiempo como una suma de los componentes se llama modelo aditivo de los componentes” (p. 167).

“Un modelo que trata los valores de las series de tiempo como el producto de los componentes se llama modelo multiplicativo de los componentes” (Hanke y Wichern, 2010, p. 167).

A continuación, se detallan las ecuaciones de los modelos de componentes aditivo y multiplicativo:

$$Y_t = T_t + S_t + I_t \quad (\text{Ec. 02})$$

$$Y_t = T_t \times S_t \times I_t \quad (\text{Ec. 03})$$

Donde:

Y_t = Serie de tiempo

T_t = Componente de tendencia

S_t = Componente estacional

I_t = Componente irregular

- Promedios simples

Hanke y Wichern (2010) afirman: “Los datos históricos pueden suavizarse de muchas maneras. El objetivo es usar los datos pasados para desarrollar un modelo de pronóstico para periodos futuros” (p. 111).

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i \quad (\text{Ec. 04})$$

“El método de *promedios simples* es una técnica adecuada cuando los factores que producen la serie que se va a pronosticar se han estabilizado y el ambiente en el cual se encuentra la serie generalmente permanece sin cambios” (Hanke y Wichern, 2010, p. 111).

- Promedios móviles

Esta técnica se basa en los valores más recientes, cada vez que especifica un valor constante, calcula la media de los nuevos valores. La siguiente ecuación genera el pronóstico de un promedio móvil simple:

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k} \quad (\text{Ec. 05})$$

Donde:

\hat{Y}_{t+1} = valor que se pronostica para el periodo siguiente.

Y_t = valor real en el periodo t.

k = número de términos en el promedio móvil.

“Un *promedio móvil* de orden *k* es el valor de la media de *k* observaciones consecutivas. El valor del promedio móvil más reciente indicará el pronóstico del siguiente periodo” (Hanke y Wichern, 2010, p. 114).

Los promedios móviles dobles, sirven para pronosticar las series de datos que tienen tendencia lineal. “Este método hace lo que indica su nombre: se calcula un conjunto de promedios móviles y luego se calcula un segundo conjunto como un promedio móvil del primer conjunto” (Hanke y Wichern, 2010, p. 116). La siguiente ecuación calcula el segundo promedio móvil:

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + \dots + M_{t-k+1}}{k} \quad (\text{Ec. 06})$$

La siguiente ecuación sirve para realizar un pronóstico que suma el promedio móvil simple más la diferencia del segundo promedio y el primer promedio móvil:

$$a_t = M_t + (M_t - M'_t) = 2M_t - M'_t \quad (\text{Ec. 07})$$

La siguiente ecuación es parecida al cambio de la medida a lo largo de la serie de tiempo, por lo que es un factor que se ajusta adicionalmente:

$$b_t = \frac{2}{k-1}(M_t - M'_t) \quad (\text{Ec. 08})$$

Y la siguiente ecuación realiza el pronóstico de p periodos en el futuro:

$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p \quad (\text{Ec. 09})$$

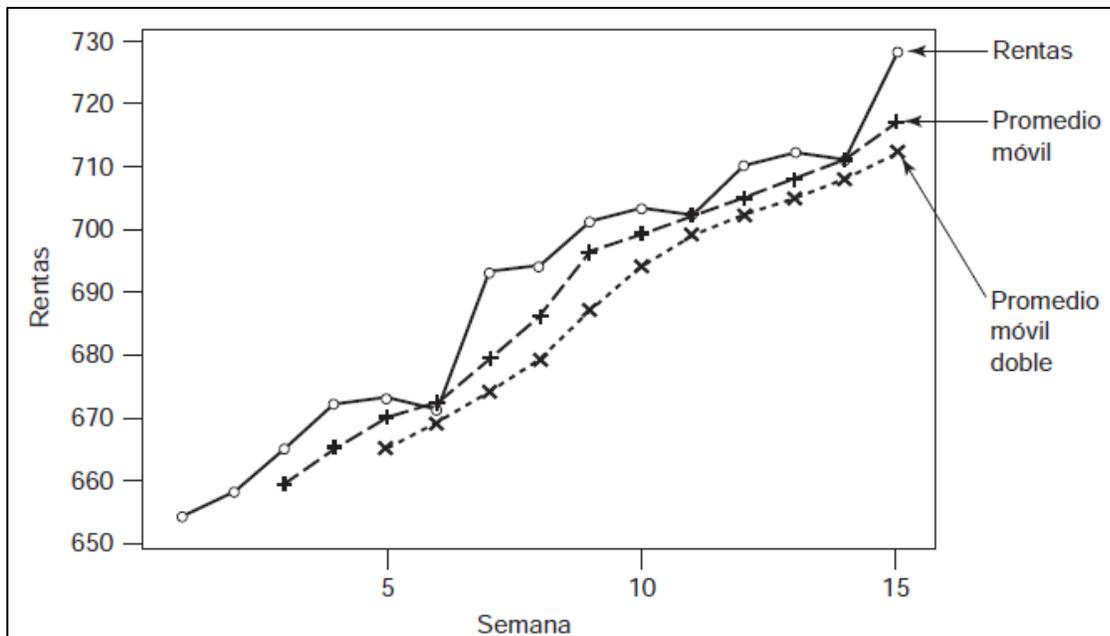
Donde:

k = número de periodos en el promedio móvil.

p = número de periodos en el futuro, por pronosticar.

Para ejemplificar las técnicas o métodos de promedio móvil simple y promedio móvil doble, se presenta la siguiente figura:

Figura 3. **Promedios móviles simple y doble**



Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 117.

- Suavización exponencial

“La suavización exponencial es un procedimiento para revisar de forma continua un pronóstico a la luz de la experiencia más reciente” (Hanke y Wichern, 2010, p. 120).

Método de suavizado exponencial simple, es un caso especial del promedio móvil ponderado, fue creado por Robert G. Brown durante la segunda guerra mundial, se le conoce como el padre del suavizado exponencial. Su principio se basa en que las ventas más recientes se ponderan con una constante de suavizado para el cálculo del pronóstico, mientras que los pesos para los otros valores varían a una tasa exponencial a medida que las observaciones son más antiguas (Da Silva, 2018, p. 28).

La fórmula que utiliza este método de pronósticos en función de una constante de suavizado alpha (α) es la siguiente:

$$F_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

F_t = pronóstico de la serie temporal en el periodo t.

α = constante de suavizado.

Y_t = observación real de la serie temporal en el periodo t.

F_{t-1} = pronóstico de la serie temporal para el periodo t-1.

Este método se debe de utilizar cuando se quiere suavizar la serie temporal de elementos aleatorios, se recomienda cuando los datos no tienen ni estacionalidad, ni tendencia.

El método de suavizado exponencial doble, es una variación del suavizado exponencial simple que introduce el cálculo de la tendencia. Fue creado por Holt, también se conoce con el nombre de método lineal de Holt. Su principio se basa en agregar a la modelación de las aleatoriedades a través de la ponderación exponencial generada por el suavizado exponencial, la modelación del componente de la tendencia (Da Silva, 2018, p. 30).

La fórmula que utiliza este método de pronósticos en función de dos constantes: alpha (α) que es la constante de suavizado y beta (β) que es la constante de suavizado de tendencia:

Suavizado:

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (\text{Ec. 11})$$

Tendencia (pendiente):

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (\text{Ec. 12})$$

Pronóstico:

$$F_t(m) = S_t + mb_t \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

S_t = modelado del suavizado de la serie temporal para el periodo t.

b_t = modelado de la pendiente de la serie temporal para el periodo t.

F_t = pronóstico de la serie de tiempo para el periodo t.

α = constante de suavizado.

β = constante de suavizado correspondiente a la tendencia.

Y_t = valor real de la serie de tiempo en el t periodo.

M = número de veces que se incrementa la pendiente a partir del primer valor de pronóstico calculado.

Este método se debe de utilizar cuando la serie de tiempo presenta tendencia, más no estacionalidad y si se desea suavizar la serie de tiempo de elementos aleatorios.

El método de suavizado exponencial triple es una variación del suavizado exponencial doble de Holt que introduce como variante la estacionalidad. Se conoce como el método de Holt-Winters, y fue desarrollado por Winters en 1960. Este método se basa en tres ecuaciones de suavizado, una para el suavizado de ruidos, otra para la tendencia y otra para la estacionalidad. Existen dos variantes del método de Holt-Winters, en función de cómo es modelada la estacionalidad de forma aditiva o multiplicativa (Da Silva, 2018, p. 31).

La fórmula que utiliza este método de pronósticos en función de cuatro ecuaciones con tres constantes: Alpha (α) que es la constante de suavizado, Beta (β) que es la constante de suavizado de tendencia y lambda (γ) que es la constante de suavizado de estacionalidad, siempre y cuando la estacionalidad sea aditiva es:

Suavizado:

$$S_t = \alpha(Y_t - e_{t-i}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (\text{Ec. 14})$$

Tendencia (pendiente):

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (\text{Ec. 15})$$

Estacionalidad:

$$e_t = Y(Y_t - S_t) + (1 - Y)e_{t-i} \quad (\text{Ec. 16})$$

Pronóstico:

$$F_{t+1}(m) = S_t + mb_t + e_{t-i+m} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

S_t = modelado del suavizado de la serie para el periodo t.

b_t = modelado de la pendiente de la serie para el periodo t.

e_t = modelado del componente estacional de la serie temporal para el periodo t.

F_{t+1} = pronóstico de la serie temporal para el periodo t.

α = constante de suavizado.

β = constante de suavizado correspondiente a la tendencia.

Y = constante de suavizado correspondiente a la estacionalidad.

Y_t = valor real de la serie de tiempo en el t periodo.

m = número de veces que se incrementa la pendiente a partir del primer valor del pronóstico calculado. Este valor es igual a 1 hasta el primer valor de pronóstico calculado luego se va incrementando de uno en uno.

i = es la longitud de la estacionalidad en número de periodos.

La fórmula que se utiliza cuando la estacionalidad es multiplicativa debe ser:

Suavizado:

$$S_t = \alpha \frac{Y_t}{e_{t-i}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (\text{Ec. 18})$$

Tendencia (pendiente):

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (\text{Ec. 19})$$

Estacionalidad:

$$e_t = Y \frac{Y_t}{S_t} + (1 - Y)e_{t-i} \quad (\text{Ec. 20})$$

Pronóstico:

$$F_{t+1}(m) = (S_t + mb_t)e_{t-i+m} \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde:

S_t = modelado del suavizado de la serie para el periodo t.

b_t = modelado de la pendiente de la serie para el periodo t.

F_{t+1} = pronóstico de la serie temporal para el periodo t+1.

α = constante de suavizado, valores entre 0 y 1.

β = constante de suavizado para la tendencia, valores entre 0 y 1.

Y = constante de suavizado para la estacionalidad, valores entre 0 y 1.

Y_t = valor real de la serie de tiempo en el periodo t (ventas).

m = número de veces que se incrementa la pendiente a partir del primer valor de pronóstico calculado. Este valor es igual a 1 hasta el primer valor de pronóstico calculado luego se va incrementando de uno en uno.

i = es la longitud de la estacionalidad en número de periodos.

- *Box-Jenkins (ARIMA)*

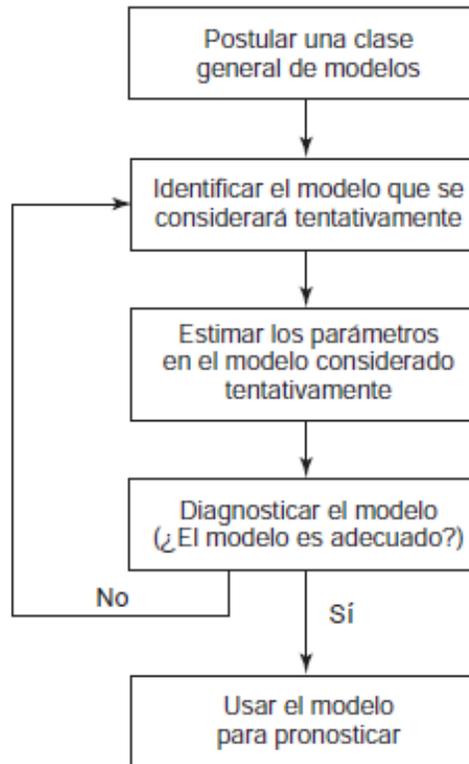
Los modelos ARIMA autorregresivos integrados de promedio móvil, son modelos lineales que pueden pronosticar datos de series temporales

estacionarias como series temporales no estacionarias. Hanke y Wichern (2010) afirman: “La *metodología Box-Jenkins* para generar pronósticos es diferente de la mayoría de los métodos porque no *supone* ningún patrón particular en los datos históricos de las series que se van a pronosticar” (p. 399).

Para corroborar que el modelo esté bien ajustado, se verifica que los residuos sean los más pequeños posibles, si el modelo no cumple con todos los supuestos estadísticos, automáticamente se repite el proceso, generando otro modelo que mejora el modelo original. Este procedimiento es iterativo y se repite hasta encontrar el mejor modelo.

La siguiente figura representa el proceso de construcción de un modelo de *Box-Jenkins*:

Figura 4. **Proceso de construcción de un modelo de *Box-Jenkins***



Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 400.

“La *metodología Box-Jenkins* se refiere a un conjunto de procedimientos para identificar, ajustar y verificar modelos ARIMA con los datos de la serie de tiempo. Los pronósticos se derivan directamente de la forma de un modelo ajustado” (Hanke y Wichern, 2010, p. 400).

En la figura 5 se observan los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos AR(1) y AR(2). En la figura 5 se observan los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos MA(1) y MA(2) y en la figura 6 se observan los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo mixto ARMA(1,1).

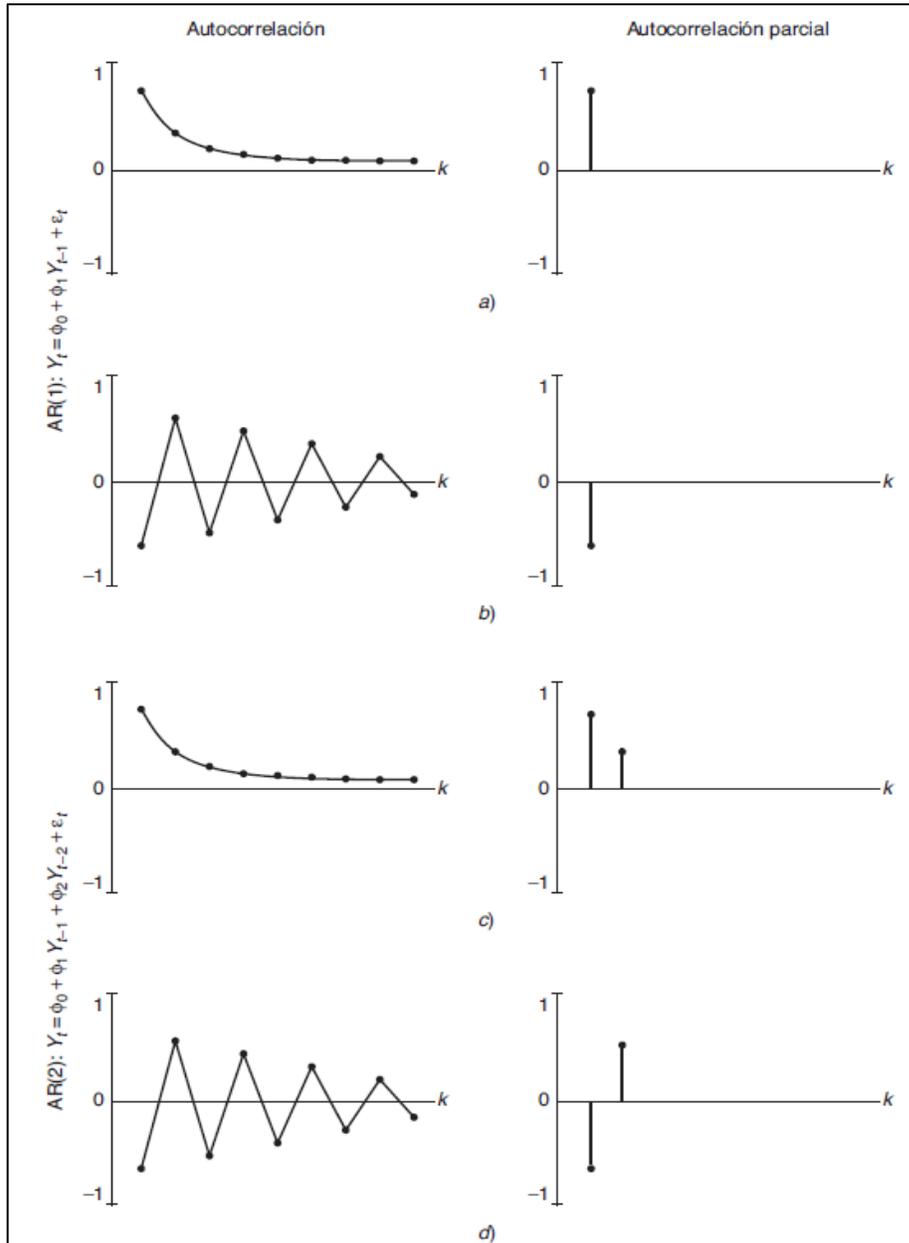
Las funciones de autocorrelación que se pueden interpretar en series temporales son:

- Función de autocorrelación (FAC) o (ACF) por sus siglas en inglés.
- Función de autocorrelación parcial (FACP) o (PACF) por sus siglas en inglés.

“La función de autocorrelación simple mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos, o, en otras palabras, el grado de asociación lineal que existe entre dos variables del mismo proceso aleatorio” (Nájera, 2020, p. 21).

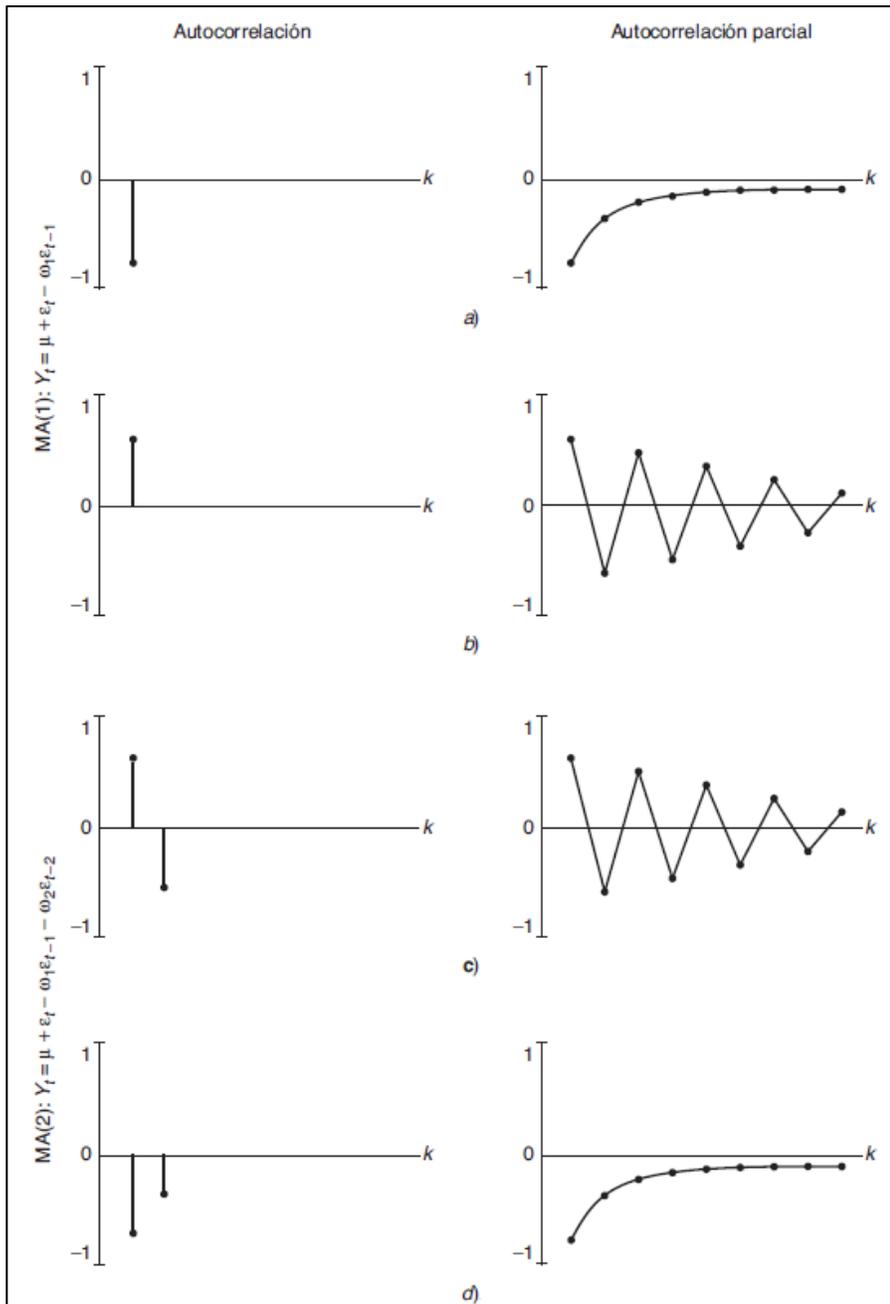
“La función de autocorrelación parcial, por otra parte, mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos cuando no se considera la presencia de la dependencia creada por los retardos intermedios que hay entre ambas” (Nájera, 2020, p. 21).

Figura 5. **Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos AR (1) y AR (2)**



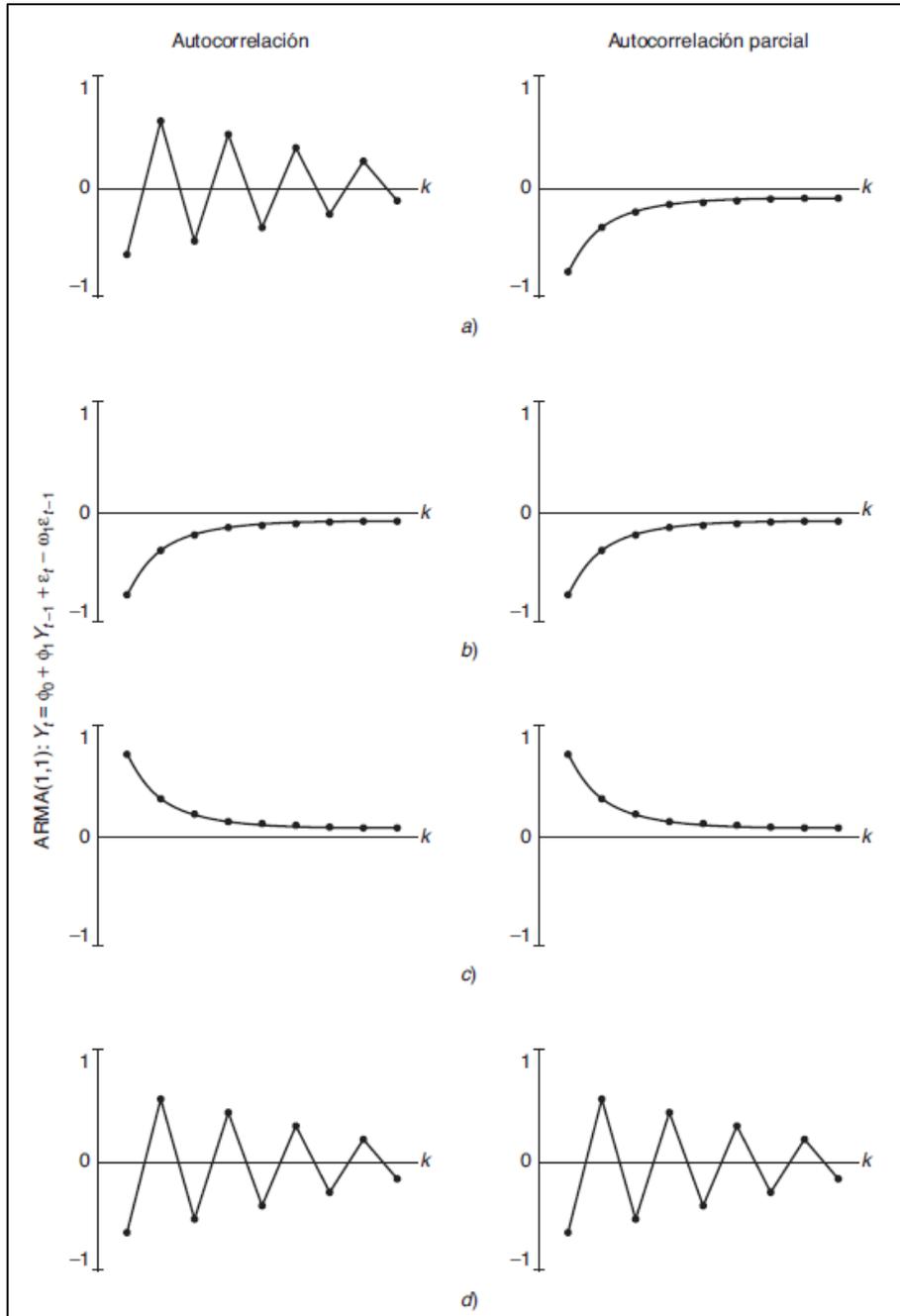
Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 401.

Figura 6. **Coefficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de los modelos MA (1) y MA (2)**



Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 402.

Figura 7. **Coefficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo mixto ARMA (1, 1)**



Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 403.

“Los modelos autorregresivos son modelos adecuados para series de tiempo estacionarias, y el coeficiente ϕ_0 está relacionado con el nivel constante de la serie. Si los datos varían alrededor de cero, no se requiere el coeficiente ϕ_0 ” (Hanke y Wichern, 2010, p. 404)

A continuación, se detalla la ecuación de un modelo autorregresivo:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

Y_t = variable dependiente en el tiempo t .

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = variable independiente en los retrasos $t-1, t-2, \dots, t-p$ de tiempo, respectivamente.

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = coeficientes de estimación.

ε_t = término de error en el tiempo t .

A continuación, se detalla la ecuación de un modelo de promedio móvil de q -ésimo orden:

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde:

Y_t = variable dependiente en el período t .

μ = promedio constante.

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$ = coeficientes de estimación.

ε_t = término de error en el tiempo t , el cual representa los efectos de variables no explicadas por el modelo; los supuestos acerca del término de error son los mismos que los del modelo de regresión estándar.

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ = errores en periodos anteriores.

Hanke y Wichern (2010) indican “Un modelo con términos autorregresivos se puede combinar con un modelo que tenga términos de promedio móvil para obtener un modelo mixto de promedio móvil autorregresivo” (p. 407).

“Para representar estos modelos, es conveniente utilizar la notación ARMA (p, q) , donde p es el orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte del promedio móvil. Un modelo ARMA (p, q) tiene la forma general” (Hanke y Wichern, 2010, p. 407).

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q} \quad (\text{Ec. 24})$$

En la siguiente tabla se detalla el resumen de los componentes del modelo ARMA:

Tabla II. **Resumen de FAC y FACP**

	<i>Autocorrelaciones</i>	<i>Autocorrelaciones parciales</i>
MA(q)	Terminan después del orden q del proceso	Se desvanecen
AR(p)	Se desvanecen	Terminan después del orden p del proceso
ARMA(p, q)	Se desvanecen	Se desvanecen

Fuente: Hanke y Wichern (2010). *Pronósticos en los negocios*. p. 407.

Hanke y Wichern (2010) señalan “los modelos de las series no estacionarias se llaman modelos de promedio móvil *integrados* autorregresivos y se denotan por ARIMA (p, d, q)” (p. 408). “ p indica el orden de la parte autorregresiva, d indica el número de diferenciaciones, y q el orden de la parte de promedio móvil. Si la serie original es estacionaria, entonces $d = 0$, y los modelos se denominarían ARMA” (Hanke y Wichern, 2010, p. 408).

- Métodos causales

“En general, los métodos causales de pronóstico desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables” (Schroeder, Meyer y Rungtusanatham, 2011, p. 251).

- Regresión lineal simple

“El concepto de análisis de regresión se refiere a encontrar la mejor relación entre Y y x cuantificando la fuerza de esa relación, y empleando métodos que permitan predecir los valores de la respuesta dados los valores del regresor x ” (Walpole, *et al.*, 2012, pp. 389-390).

El objetivo de la regresión simple es comprobar la relación entre la variable independiente X y la variable dependiente Y . A continuación, se presenta la ecuación de una recta lineal:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

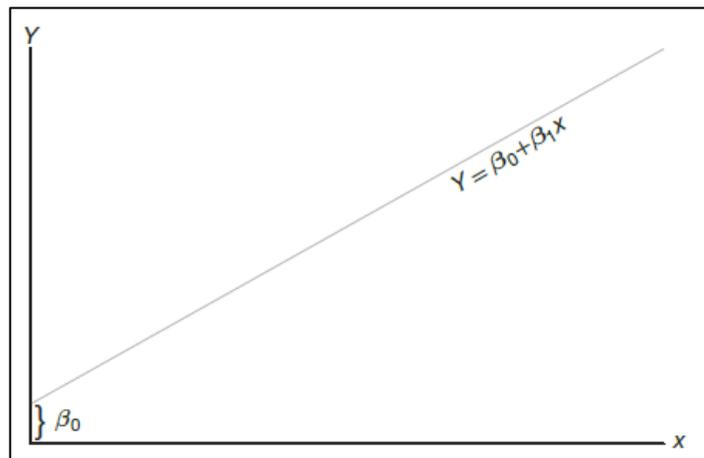
\hat{Y} = es el dato de la estimación de la variable dependiente.

β_0 = es la intersección.

β_1 = es la pendiente.

x = es cualquier dato de la variable independiente.

Figura 8. **Relación lineal: β_0 (intersección); β_1 (pendiente)**



Fuente: Walpole, Myers, Myers y Ye (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 390.

La ecuación de la pendiente es:

$$\beta_1 = p \frac{(S_y)}{(S_x)} \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

p = coeficiente de correlación.

S_y = desviación estándar de la variable dependiente.

S_x = desviación estándar de la variable independiente.

La ecuación de la intersección se define como:

$$\beta_0 = \bar{y} - b\underline{X} \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

\bar{y} = es la media de y (variable dependiente).

\underline{X} = es la media de x (variable independiente).

Para especificar el modelo de regresión lineal, Walpole, *et al.*, (2012) define: “Un análisis de la relación entre x y Y requiere el planteamiento de un modelo estadístico. Un estadístico utiliza un modelo como representación de un ideal que, en esencia, define como percibimos que el sistema en cuestión genero los datos” (p. 391)

A continuación, se detalla la ecuación del modelo de regresión lineal:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon \quad (\text{Ec. 28})$$

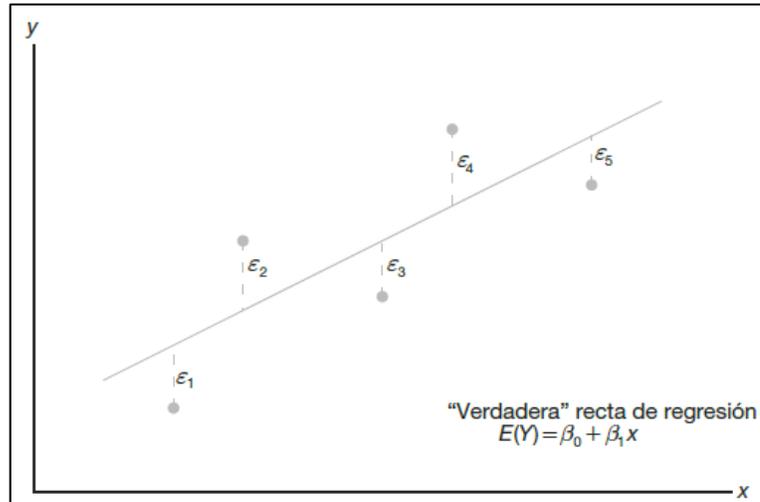
Donde:

β_0 = parámetro desconocido de la intersección.

β_1 = parámetro desconocido de la pendiente.

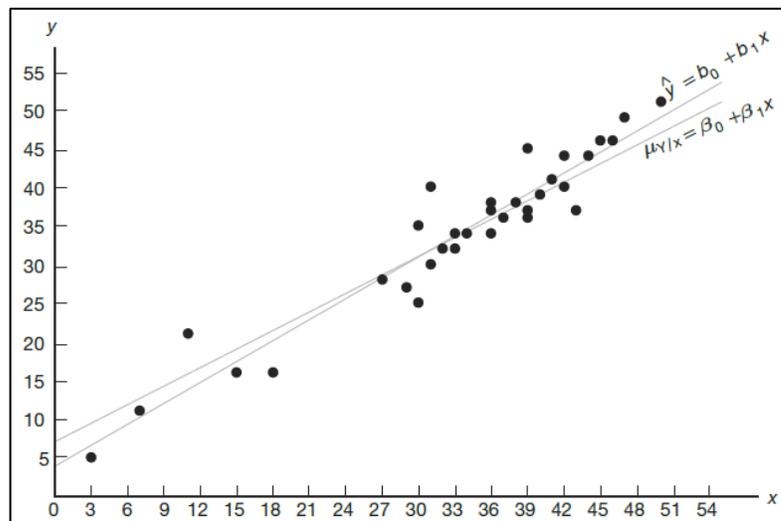
ε = es una variable aleatoria, distribuida con $E(\varepsilon) = 0$ y $\text{Var}(\varepsilon) = \sigma^2$

Figura 9. Recta de regresión



Fuente: Walpole, Myers, Myers y Ye (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 392.

Figura 10. Diagrama de dispersión con rectas de regresión



Fuente: Walpole, Myers, Myers y Ye (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. p. 393.

Modelo ajustado con método de mínimos cuadrados:

“Debemos calcular b_0 y b_1 , los estimados de β_0 y β_1 , de manera que la suma de los cuadrados de los residuales sea mínima” (Walpole, *et al.*, 2012, p. 395). “La suma residual de los cuadrados con frecuencia se denomina suma de los cuadrados del error respecto de la recta de regresión y se denota como *SCE*” (Walpole, *et al.*, 2012, p. 395).

Las siguientes ecuaciones describen los coeficientes de regresión:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{X} \quad (\text{Ec. 30})$$

7.1.3.4. Medidas de error de pronóstico

Para comprobar la precisión de los modelos de pronósticos, se debe de medir el error del pronóstico en cada método, esto con el fin de seleccionar el método que genere el menor error, ya que será el modelo que se ajusta mejor a los datos.

A continuación, se muestra la notación básica para pronósticos:

Y_t = valor de una serie temporal en el periodo t .

\hat{Y}_t = valor pronosticado de Y_t .

$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$ = residuo.

“Un residuo es la diferencia entre un valor real observado y su valor de pronóstico” (Hanke y Wichem, 2010, p. 82). La ecuación que calcula el error de cada periodo pronosticado es:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (\text{Ec. 31})$$

Donde:

e_t = error en el periodo t.

Y_t = valor real en el periodo t.

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

“La desviación media absoluta (MAD), mide la exactitud del pronóstico promediando las magnitudes de los errores del pronóstico (los valores absolutos de los errores)” (Hanke y Wichem, 2010, p. 82).

La ecuación que describe a la desviación media absoluta es la siguiente:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (\text{Ec. 32})$$

“El error cuadrático medio (MSE), este enfoque sanciona errores grandes en la elaboración de pronósticos, ya que los errores están elevados al cuadrado, lo cual es importante porque una técnica que produce errores moderados es preferible a una que usualmente tenga pequeños errores” (Hanke y Wichem, 2010, p. 82).

La ecuación que describe al error cuadrático medio es la siguiente:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (\text{Ec. 33})$$

La raíz cuadrada del MSE también sanciona los grandes errores.

La ecuación es la siguiente:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (\text{Ec. 34})$$

“El error porcentual absoluto medio (*MAPE*) se calcula obteniendo el error absoluto de cada periodo, dividiendo éste entre el valor real observado y promediando estos errores porcentuales absolutos. El resultado final se multiplica después por 100 y se expresa como porcentaje” (Hanke y Wichem, 2010, p. 83).

La ecuación que describe al error porcentual absoluto medio es la siguiente:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{|Y_t|} \quad (\text{Ec. 35})$$

El MAPE no se puede calcular si alguna de las Y_t es cero.

El error porcentual medio arcotangente (*MAAPE*) es una medida de actualización del MAPE.

La ecuación que describe al error porcentual medio arcotangente es la siguiente:

$$MAAPE = \arctan \arctan \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{|Y_t|} \quad (\text{Ec. 36})$$

Los siguientes criterios sirven de ayuda para indicar la estimación de la información que se pierde al emplear alguno de los métodos de pronósticos:

“El criterio de información de Akaike (1974), o AIC, selecciona el mejor modelo de un grupo de modelos candidatos que minimiza” (Hanke y Wichem, 2010, p. 431). Su ecuación se expresa como:

$$AIC = 2k - 2\ln(L) \quad (\text{Ec. 37})$$

Criterio de información de Akaike corregido, se utiliza cuando el tamaño de la muestra es finito:

$$AICc = AIC + \frac{2k^2 + 2k}{n - k - 1} \quad (\text{Ec. 38})$$

7.2. Empresa

Es integrada por personas y materiales, su objetivo es obtener utilidades a través del intercambio de bienes o servicios, por lo cual utiliza los factores productivos como trabajo, capital y tierra.

7.2.1. Definición

“Una empresa es una organización o institución dedicada a actividades o persecución de fines económicos o comerciales para satisfacer las necesidades de bienes y/o servicios de la sociedad, a la par de asegurar la continuidad de la estructura” (Mero, 2018, p. 86).

7.2.2. Clasificación

Las empresas se clasifican según su actividad, su forma jurídica, su tamaño y según su ámbito como sigue:

Según su actividad: “sector primario, sector secundario, sector terciario, sector cuaternario (agricultura, ganadería, industria y servicios” (Mero, 2018, p. 86).

Según su forma jurídica: como sociedad anónima, cooperativas, sociedad individual y sociedad de responsabilidad limitada.

Según su tamaño: empresas grandes, empresas pequeñas y medianas (PYMES o MYPES. Según el número de trabajadores en: Mediana, cuando constan de 50 a 250 trabajadores; pequeña, entre 10 a 50 trabajadores y Microempresa, de 1 a 10 trabajadores; son empresa que cuenta con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o regiones, estas pymes son agentes con lógicas, culturas, intereses y un espíritu emprendedor específicos, y las grandes empresas que cuentan con más de 250 trabajadores (Mero, 2018, p. 86).

Según su ámbito: empresas locales, empresas nacionales y empresas transnacionales o multinacionales.

7.2.2.1. Empresa comercializadora

“Es aquella que, como su mismo nombre lo dice, se encarga de comercializar un producto finalizado. Podríamos decir entonces, que la razón de ser de una empresa comercializadora es mercadear un producto y/o servicio ya existente o manufacturado” (Yirda, 2021, párr. 1).

7.2.2.1.1. MYPYME

La Micro, Pequeña y Mediana Empresa (MIPYME) en América Latina juega un papel muy importante en la cohesión social, ya que contribuye significativamente a la generación de empleo, de ingresos, erradicación de la pobreza y dinamiza la actividad productiva de las economías locales. Adicionalmente, representan una cuota importante en el tejido empresarial de los países; así en el istmo centroamericano se estima que la MIPYME representa más del 90 % de la estructura empresarial de la región; si bien es cierto que los estudios difieren en la estimación de la contribución al Producto Interno Bruto, se estima que en promedio contribuyen con el 20 % del PIB y que, en algunos casos, esta contribución llega a alcanzar el 50 % (Álvarez y Durán, 2009, p. 5).

7.2.2.1.2. Canales de distribución

Son muy importantes, ya que son el medio por el cual el consumidor final recibe el producto, los canales de distribución se dividen en directos e indirectos. La empresa comercializadora puede realizar la entrega del producto al cliente o consumidor final por medio de un distribuidor, un minorista o un mayorista.

7.2.3. Planificación de la demanda

Es el conjunto de acciones y técnicas de cálculo necesarias para aprovisionar producto (*stock*) a uno o varios centros de consolidación o almacenaje y cuyo objetivo principal es mantener unos niveles de *stock* adecuados para atender la demanda media solicitada por el conjunto de clientes en un periodo de tiempo (Parker, 2020, párr. 3).

8. PROPUESTA DE ÍNDICES DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO DE REFERENCIA

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estadística

2.1.1. Definición

2.1.2. Tipos de estadística

2.1.2.1. Estadística descriptiva

2.1.2.2. Estadística inferencial

2.1.2.2.1. Pruebas de hipótesis

2.1.3. Pronósticos

2.1.3.1. Definición

2.1.3.2. Clasificación

2.1.3.3. Métodos de pronósticos

2.1.3.3.1. Métodos cualitativos

2.1.3.3.2. Métodos cuantitativos

- 2.1.3.4. Medición del error del pronóstico
- 2.2. Empresa
 - 2.2.1. Definición
 - 2.2.2. Clasificación
 - 2.2.2.1. Empresa comercializadora
 - 2.2.2.1.1. MYPYME
 - 2.2.2.1.2. Canales de distribución
 - 2.2.3. Planificación de la demanda

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

El enfoque de esta investigación es de tipo cuantitativo debido a que se analizará el comportamiento de la demanda del producto aromatizantes para vehículos.

El diseño del presente estudio es no experimental, debido a que se trabajará con base de datos de las ventas históricas de los años 2018, 2019 y 2020.

El alcance es descriptivo correlacional; descriptivo porque se estudiarán las causas, características y propiedades de la variable dependiente (ventas) y correlacional porque se analizará la relación que tiene la variable dependiente (ventas) con la variable independiente (tiempo) con el fin de pronosticar las ventas futuras.

La investigación es de tipo descriptivo correlacional debido a que se estudiará la relación que tienen las variables de estudio.

9.2. Unidades de análisis

La población de estudio serán las ventas históricas del producto aromatizantes para vehículos de los años 2018, 2019 y 2020.

9.3. Operativización de variables

Tabla III. Operativización de variables

Variable	Definición teórica	Definición operativa	Escala
Ventas en unidades (Y) variable independiente	Una venta es toda actividad que lleva al intercambio de un bien o servicio por dinero. En este caso se estudiarán las ventas del producto aromatizantes para vehículos.	Se realizará mediante una base de datos de ventas históricas en unidades. El papel estadístico que juega dentro del estudio será como variable aleatoria que describirá el modelo estadístico.	De razón
Ventas en quetzales (Y) variable independiente	Una venta es toda actividad que lleva al intercambio de un bien o servicio por dinero. En este caso se estudiarán las ventas del producto aromatizantes para vehículos.	Se realizará mediante una base de datos de ventas históricas en unidades. El papel estadístico que juega dentro del estudio será como variable aleatoria que describirá el modelo estadístico.	De razón
Tiempo en meses (X) variable independiente	El tiempo es el periodo en el que se analizarán las ventas.	El estudio tomará de referencia un período de tiempo de tres años de enero de 2018 a diciembre de 2020.	De razón

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2021.

9.4. Fases del estudio

En el presente estudio de investigación se estimarán las variables involucradas las cuales se desarrollarán en las siguientes cinco fases:

- Fase 1: revisión de información documental

En esta fase se buscará toda la bibliografía que fundamentará los temas que se analizarán en esta investigación, como lo son los pronósticos, las series temporales, la regresión lineal, las PYME, la planificación de demanda y la medición de errores de pronósticos.

- Fase 2: recopilación de la información

En la segunda fase la empresa que se analizará proporcionará una base de datos en donde detallarán las ventas mensuales del producto aromatizantes para vehículos desde el mes de enero del 2018 a diciembre de 2020, la cual fueron registrando en su sistema interno cada vez que realizaban una venta del producto en estudio.

- Fase 3: diagnóstico de la información

Primero se realizará un diagnóstico del comportamiento de la demanda del producto en estudio, según los patrones de la serie temporal de las ventas históricas, se evaluarán los datos con los métodos específicos de pronósticos y por último se evaluará la precisión de cada modelo, utilizando las medidas de error de pronósticos.

- Fase 4: interpretación de resultados

En esta fase se analizarán los resultados obtenidos en cada método de pronóstico, así como también se elegirá el modelo de predicción que menor error genere para pronosticar las ventas futuras.

- Fase 5: redacción de informe final

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

A continuación, se detallarán las técnicas a utilizar para llevar a cabo el estudio de investigación:

Los datos que se analizarán serán las ventas históricas del producto aromatizante para vehículos de enero de 2018 a diciembre de 2020 (se realizará a través de una observación directa para su análisis posterior). La serie temporal estará dada en meses y la empresa proporcionará la base de datos de las ventas que tienen almacenadas en el sistema que utilizan para registrar los datos.

- *Softwares:*

Se utilizarán los siguientes softwares para la elaboración de los gráficos estadísticos, comprobación de supuestos, pruebas de series temporales y comprobación de la precisión de modelos: Microsoft Excel, R Studio e Infostat.

- Gráficos estadísticos:

Se realizará un gráfico de dispersión para analizar el comportamiento de la demanda en función del tiempo, así como también se realizará un gráfico de cajas y bigotes para analizar la estadística descriptiva de los datos.

- Comprobación de supuestos estadísticos:

Se realizarán la siguiente comprobación de supuestos a la serie de tiempo de las ventas históricas, para realizar el diagnóstico:

Tabla IV. **Comprobación de supuestos estadísticos**

Supuestos	Descripción	Pruebas
Homocedasticidad	Indica si la serie temporal es homocedástica o heterocedástica.	Breush-Pagan Estándar Normal Homogeneity
Independencia	Indica si la serie temporal es independiente o dependiente.	Box-Pierce
Estacionariedad	Indica si la serie temporal es estacionaria o no estacionaria.	Dickey-Fuller Aumentado

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2021.

- Evaluación de modelos de pronósticos:

Se evaluarán los modelos de pronósticos, según las características de la serie temporal de las ventas históricas, tomar de referencia la Tabla I Selección de un método de pronósticos.

- Precisión de los modelos de pronósticos:

Se comprobará la precisión de los modelos específicos con las medidas de error de pronósticos como sigue:

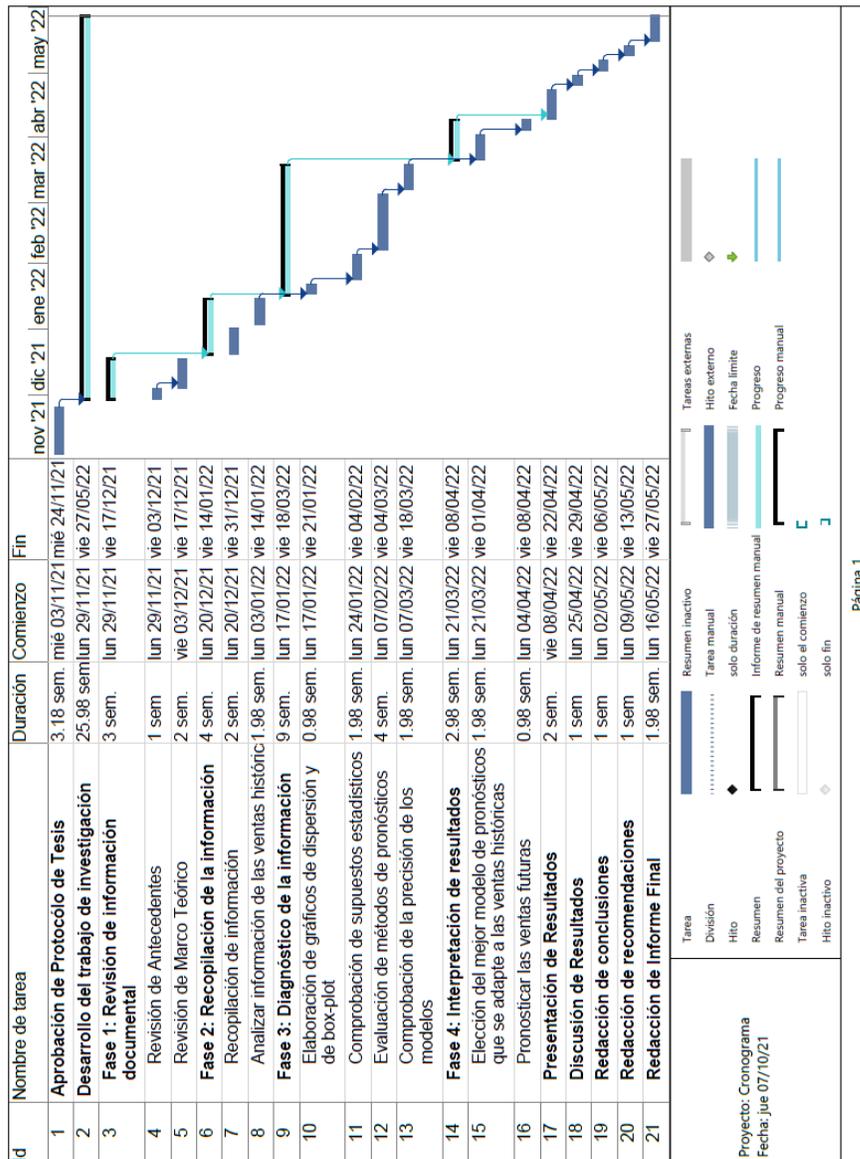
Tabla V. **Medidas de error de pronósticos**

Medida de error de pronóstico	Descripción	Fórmula
AICc	Criterio de información de Akaike corregido.	$AICc = AIC + \frac{2k^2 + 2k}{n - k - 1}$
MAAPE	Error porcentual medio arcotangente.	$MAAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \arctan \left(\left \frac{d_t - \hat{d}_{t t-1}}{d_t} \right \right)$
MSE	Error cuadrático medio.	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2$
RMSE	Raíz cuadrada del error cuadrado medio.	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}$

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2021.

11. CRONOGRAMA

Figura 11. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2021.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación es factible debido a que se cuentan con todos los recursos necesarios para realizar cada una de las fases del presente estudio de investigación.

Los recursos con los que contará el estudio se detallan a continuación:

12.1. Características del estudio

Se refiere a las personas que realizarán las tareas definidas en la investigación.

12.2. Recursos financieros

Se refiere al costo que representará realizar el estudio de investigación, por lo que el investigador absorberá el costo total del presupuesto.

Se presenta en la Tabla VI el presupuesto de gastos asignados a la realización de la presente investigación.

Tabla VI. **Presupuesto**

No.	Recurso	Descripción del gasto	Cantidad	Monto Unitario	Monto Total
1	Humano	Inversión de tiempo del investigador	1	Q8,000.00	Q8,000.00
2	Material	Resma de papel	4	Q30.00	Q120.00
3	Material	Toner de impresora	1	Q685.00	Q685.00
4	Alimentación	Alimentación por mes	6	Q600.00	Q3,600.00
5	Tecnológico	Internet por mes	6	Q300.00	Q1,800.00
6	Transporte	Transporte, depreciación y combustible	6	Q400.00	Q2,400.00
7	Otros	Imprevistos	1	Q500.00	Q500.00
Total					Q17,105.00

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2021.

12.3. Recursos tecnológicos

Se refiere a los softwares que se utilizarán para la elaboración de los gráficos estadísticos, comprobación de supuestos, pruebas de series temporales y comprobación de la precisión de modelos: Microsoft Excel, R Studio e Infostat.

12.4. Acceso a información y permisos

Se refiere a la base de datos de las ventas históricas que proporcionará la empresa, la cual autoriza para su respectivo análisis en el presente estudio.

12.5. Equipo e infraestructura

Se refiere al equipo de cómputo, softwares y teléfonos celulares que se utilizarán para el desarrollo de la investigación.

13. REFERENCIAS

1. Álvarez, M. y Durán, J. (2009). *Manual de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa: Una contribución a la mejora de los sistemas de información y el desarrollo de las políticas públicas*. El Salvador: Naciones Unidas.
2. Asencio, A. (2018). *Modelo de regresión lineal aplicado a la cantidad de contenedores a movilizar en Puerto Santo Tomás de Castilla, Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
3. Castellanos, L. (2019). *Evaluación de una metodología matemática de mínimos cuadrados para optimizar pronósticos de venta de productos de confitería aireados, en una fábrica ubicada en el municipio de Escuintla* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
4. Cazorla, C. (2019). *Propuesta de una adecuada gestión de inventarios para un óptimo pronóstico de ventas de una empresa distribuidora de productos de cuidado y aseo personal* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
5. Da Silva, R. (2018). *Cómo hacer pronósticos con la herramienta de previsión de Excel 2016*. Edición Kindle.

6. Echegaray, V. (2017). *Pronóstico de demanda utilizando la metodología de Box-Jenkins* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú.
7. Frausto, J. (2009). *Pronósticos de ventas para la administración estratégica de los recursos en una empresa del sector automotriz*. (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
8. Gallegos, E. (2019). *Disminución de desabasto mediante un pronóstico de demanda y una política de inventarios* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
9. Hanke, E. y Wichern, W. (2010). *Pronósticos en los negocios*. México: Prentice Hall.
10. Lind, D., Marchal, W. y Wathen, S. (2015). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.
11. Mayorga, J. y Mora, J. (2020). *Optimización de la cadena de suministros para la planta de producto terminado en la empresa Cukra Industrial, S.A.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
12. Mero, J. (mayo, 2018). Empresa, administración y proceso administrativo. *FIPCAEC*, 3(8), 84-102.

13. Montemayor, J. (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*. Monterrey, México: Editorial Digital Tecnológico de Monterrey.
14. Nájera, J. (2020). *Pronósticos estratégicos de series de tiempo: Metodología práctica para economistas, administradores y científicos de datos*. Independently published.
15. Ojeda, R. (2017). *Modelo de gestión para la planificación de las operaciones en las pymes del sector calzado y su impacto en el rendimiento de la inversión*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
16. Parker, D. (16 de marzo, 2020). Planificación de la Demanda: Fundamentos. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://meetlogistics.com/demand-planning/planificacion-de-la-demanda-fundamentos/>
17. Pérez, A., Cruz, J., Villalobos, A. y Juárez, V. (febrero, 2018). Importancia de los pronósticos en la toma de decisiones en las MIPYMES. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones Y Negocios)*, 5(1), 97-114.
18. Salazar, C. y Del Castillo, S. (2017). *Fundamentos básicos de estadística*. Quito, Ecuador: sin editorial.
19. Sánchez A., (agosto, 2012) Aplicaciones prácticas de los métodos estadísticos para pronósticos en series de tiempo. *Revista Eafit*, 29(91), 81-95.

20. Schroeder, G., Meyer, S. y Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos* México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.
21. Walpole, E., Myers, H., Myers, L. y Ye K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson Educación.
22. Yirda, A. (30 de enero, 2021). *Definición de Comercializadora*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://conceptodefinicion.de/comercializadora/>.

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

Elementos	Problema estadístico	Preguntas de investigación	Objetivos	Solución propuesta	Fundamento	Metodología
General	Se desconoce el modelo de pronósticos para optimizar la planificación de demanda en una empresa comercializadora de aromatizantes para vehículos en la Ciudad de Guatemala.	¿Cuál es el modelo de pronósticos para optimizar la planificación de demanda en una empresa comercializadora de aromatizantes para vehículos en la Ciudad de Guatemala?	Proponer un modelo de pronósticos para optimizar la planificación de demanda en una empresa comercializadora de aromatizantes para vehículos en Guatemala.	Se analizarán los datos históricos de ventas del período de enero de 2018 a diciembre de 2020, se analizarán los datos en gráfica de dispersión y en una gráfica de caja y bigotes, luego se podrán observar los patrones o componentes de los datos, se limpiará la información, eliminando los datos atípicos de ser necesario, esto con el fin de evaluar los datos en las diferentes técnicas de pronósticos y por último se escogerá el mejor modelo que genere el menor error de pronóstico.	Dependiendo el método a evaluar, según los patrones o componentes de la demanda del producto en estudio, se realizarán una serie de pasos, se aplicarán fórmulas estadísticas y se comprobarán los respectivos supuestos estadísticos.	El enfoque es de tipo cuantitativo, debido a que se analizará el comportamiento de la demanda del producto aromatizantes para vehículos. Las variables son las siguientes: El diseño es no experimental, debido a que se trabajará con base de datos de las ventas históricas de los años 2018, 2019 y 2020. El alcance es descriptivo correlacional; descriptivo porque se estudiarán las causas, características y propiedades de la variable dependiente (ventas) y correlacional porque se analizará la relación que tiene la variable dependiente (ventas) con la variable independiente (tiempo) con el fin de poder pronosticar las ventas futuras.
Específicos	No se conoce el comportamiento de la demanda en función del tiempo de las ventas de los años 2018, 2019 y 2020.	¿Cuál es el diagnóstico del comportamiento de la demanda en función del tiempo de las ventas de los años 2018, 2019 y 2020?	1. Realizar un diagnóstico del comportamiento de la demanda en función del tiempo de las ventas históricas de los años 2018, 2019 y 2020.	Se propone realizar un gráfico de dispersión y un gráfico de caja y bigotes con los datos históricos de ventas por mes, desde el mes de enero de 2018 al mes de diciembre de 2020, luego se comprobarán los supuestos estadísticos.	Con el gráfico de dispersión, el gráfico de caja y bigotes y la comprobación de supuestos estadísticos se podrán analizar los patrones o componentes de la demanda, así como también se podrá observar si existen datos atípicos y se realizará un análisis de estadística descriptiva de los datos, para que tengamos un mayor panorama del comportamiento en general.	

Continuación del apéndice 1.

Elementos	Problema estadístico	Preguntas de investigación	Objetivos	Solución propuesta	Fundamento	Metodología
	No se conocen los métodos de pronósticos que se evaluarán en la serie de datos histórica de ventas.	¿Qué métodos de pronósticos se evaluarán en la serie de datos histórica de ventas?	2. Evaluar la serie temporal de las ventas históricas, utilizando los métodos de pronósticos específicos según los patrones de la demanda.	Luego de analizar los patrones o comportamientos de la demanda del producto en estudio, evaluamos los datos de las ventas históricas en los diferentes métodos de series temporales según sea el caso.	Visualizar tabla I	La investigación es de tipo descriptivo correlacional, debido a que se estudiará la relación que tienen las variables de estudio.
	Se desconoce el modelo de pronósticos que genera el menor error.	¿Qué modelo de pronósticos genera el menor error?	3. Comprobar la precisión de los modelos específicos que se evaluarán, utilizando las medidas de error de pronósticos.	Se utilizarán las siguientes mediciones para calcular el error: - Criterio de información de Akaike corregido (AICc) - Error porcentual medio - Error arcotangente (MAAPE) - Error cuadrático medio (MSE) - Raíz cuadrada del error cuadrado medio (RMSE)	Visualizar tabla IV	Las variables a analizar en la investigación serán las ventas en unidades y en quetzales como variables dependientes y el tiempo como variable independiente. Son variables de tipo cuantitativo, escala de razón.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2021.