



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de estudios de postgrado

Maestría en Artes en Estadística Aplicada

PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA

Ing. Cesar Fernando Castillo Posadas

Asesorado por la MSc. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE
VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. CESAR FERNANDO CASTILLO POSADAS

ASESORADO POR EL M.SC. INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ESTADÍSTICA APLICADA

GUATEMALA, MAYO DE 2023

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

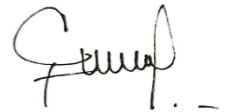
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de Ingeniería con fecha 17 de mayo de 2022.



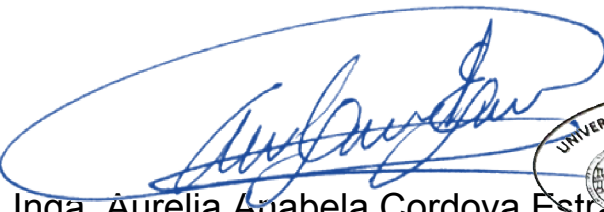
Ing. Cesar Fernando Castillo Posadas

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

LNG.DECANATO.OI.441.2023

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Cesar Fernando Castillo Posadas**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Estadística aplicada 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 2023

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2023

LNG.EEP.OI.441.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA”

presentado por **Ing. Cesar Fernando Castillo Posadas** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Estadística aplicada**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala 30 de mayo 2022.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

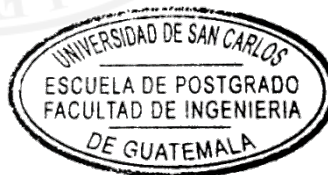
M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTICULO CIENTÍFICO** titulado: **PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA** del estudiante **Cesar Fernando Castillo Posadas** quien se identifica con número de carné **2716379350108** del programa de Maestría en Estadística Aplicada.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,




MSc. Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Coordinador
Maestría Estadística Aplicada
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 31 mayo de 2022.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **“PRONÓSTICO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS USADOS Y VENTA DE VEHÍCULOS NUEVOS EN GUATEMALA”** del estudiante **Cesar Fernando Castillo Posadas** del programa de Maestría en **Estadística Aplicada** identificado con número de carné: **2716379350108**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Norma Ileana Sarmiento Zeceña
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 4319

MSc. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Colegiado No. 4319

Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por mostrarme su infinito amor y su infinita misericordia para conmigo y mi familia en todas las circunstancias de la vida.
Mi madre María	Por ser mi madre celestial e interceder por mí y mi familia, cuidarnos y guiarnos a Jesús.
Mi madre	Carmen Posadas por mostrarme su amor de madre para inspirarme en la vida.
Mis abuelos	Lizardo Posadas e Irma Rosado de Posadas por apoyarme en mi vida personal y profesional.
Mi hermana	Andrea Cabrera por ser un ejemplo en mi vida e inspirarme a siempre a luchar por mis sueños.
Mis tíos	Por tomar el rol de padres en los momentos necesarios e inspirarme a crecer como persona y profesional.
Compañeros de vida y amigos	Por formar parte de este logro, por animarme en los momentos difíciles y por compartir momentos inolvidables.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y brindarme la educación profesional para mi superación.
Facultad de Ingeniería	Por brindar el espacio físico y los catedráticos para la consecución de este logro profesional.
Mis amigos de la facultad	Porque creyeron en lo que hacía y por el apoyo durante el camino recorrido en la universidad.
Mi asesora	Inga. Norma Sarmiento por apoyarme con este trabajo.
Escuela de estudios de postgrado	Por brindarme el servicio adecuado para mi crecimiento profesional y personal.
Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez	Por su don de cátedra y acompañamiento en ésta última etapa.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Fundamentación estadística.....	5
2.1.1. Series de tiempo.....	5
2.1.1.1. Análisis previo de los datos	6
2.1.2. Pronósticos.....	8
2.1.2.1. Métodos para pronósticos	8
2.1.2.1.1. Métodos de evaluación	9
2.1.2.1.2. Modelos de correlación.....	19
2.1.2.1.3. Coeficiente de correlación.....	19
2.2. Importación de vehículos usados de Estados Unidos a Guatemala.....	20

2.2.1.	Vehículos en Guatemala	20
2.2.2.	Importación.....	21
2.2.3.	Infraestructura vehicular	22
2.2.4.	Tránsito vehicular	23
2.2.5.	Presupuesto para estructura vehicular	23
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	25
3.1.	Objetivo 1: analizar la tendencia de la serie de tiempo de vehículos importados usados para situar la información de forma visual, mediante gráficos y la descomposición de la serie de tiempo, incorporando predicciones realizadas con un modelo matemático	25
3.1.1.	Descomposición de la serie de tiempo de vehículos importados usados.....	25
3.1.2.	Incorporando predicciones mediante un modelo matemático.....	28
3.2.	Objetivo 2: analizar la tendencia de la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos para situar la información de forma visual, mediante gráficos y la descomposición de la serie de tiempo, incorporando predicciones realizadas con un modelo matemático	32
3.2.1.	Descomposición de la serie de tiempo de vehículos nuevos.....	32
3.2.2.	Incorporando predicciones mediante un modelo matemático.....	35
3.3.	Objetivo 3: identificar el impacto hasta el año 2022 de la importación de vehículos usados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala, a través de un pronóstico y análisis de regresión y correlación, para generar conocimiento y sea	

utilizado para proyectos de mejora en la movilidad de las personas.....	38
3.3.1. Diagrama de dispersión.....	38
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
4.1. Análisis interno de la investigación.....	43
4.1.1. Análisis de la serie de tiempo de vehículos importados.....	43
4.1.2. Análisis de la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos.....	44
4.1.3. Correlación entre la variable importación de vehículos y la variable de venta de vehículos nuevos en Guatemala.....	45
4.2. Análisis externo de la investigación.....	46
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS	53
APÉNDICES	57
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estacionalidad en serie de tiempo	12
2.	Tendencia en serie de tiempo	13
3.	Ciclicidad en serie de tiempo	14
4.	Aleatoriedad en serie de tiempo.....	15
5.	Proceso de importación simplificado	22
6.	Serie de tiempo de vehículos importados usados.....	26
7.	Descomposición de la serie de tiempo de vehículos importados.	27
8.	Validación gráfica estacionalidad	28
9.	Prueba de Dickey-Fuller (estacionariedad)	29
10.	Serie de tiempo diferenciada.....	30
11.	Modelo ARIMA	31
12.	Predicción de vehículos importados 2020-2022.....	31
13.	Serie de tiempo de vehículos importados nuevos.	32
14.	Descomposición de la serie de tiempo de vehículos nuevos	33
15.	Validación gráfica estacionalidad	34
16.	Prueba de Dickey-Fuller (estacionariedad)	35
17.	Serie de tiempo diferenciada vehículos nuevos.	36
18.	Modelo ARIMA	37
19.	Predicción de vehículos importados 2020-2022.....	37
20.	Diagrama de dispersión.	38
21.	Prueba Shapiro Wilks pronóstico importados.....	39
22.	Prueba Shapiro Wilks pronóstico nuevos.....	39
23.	Prueba de Spearman.	40

24.	Pronóstico de importación de vehículos usados mediante ARIMA estacional.....	41
25.	Pronóstico de la venta de vehículos nuevos en Guatemala mediante ARIMA estacional.	42

TABLAS

I.	Variables que contiene el estudio	XX
----	---	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

ARIMA	Modelos autorregresivos integrados de medias móviles.
Decompose	Función del programa Rstudio para descomponer una serie de tiempo.
Estacionalidad	Repetición de determinadas variaciones en alguna variable, cada cierto periodo de tiempo.
Estacionariedad	Cuando en una serie de tiempo se mantiene constante la media y la variabilidad.
Rstudio	<i>Software</i> gratis para la elaboración de análisis estadísticos en todos los niveles.
Tendencia	Movimientos a largo plazo de una serie de tiempo.

RESUMEN

El propósito de la investigación fue realizar el pronóstico de la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, a través de un modelo matemático, para determinar el impacto que tiene la importación de vehículos sobre la venta de vehículos nuevos.

El objetivo general del estudio fue pronosticar el comportamiento de la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, mediante el análisis de la serie de tiempo.

La metodología utilizada en la investigación tuvo un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza de la información, el alcance fue descriptivo y correlacional ya que se conocieron los comportamientos de las variables, y el diseño adoptado fue no experimental, la recolección de información se hizo a través de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística INE, y la herramienta para analizar la información fue Rstudio.

Con este estudio se identificó el comportamiento de la importación de vehículos y de la venta de vehículos nuevos en Guatemala, y se comprobó que existe una baja correlación entre ambas variables.

Se recomienda hacer el análisis de estos pronósticos a través de metodologías ARIMA estacionales, que integren varias componentes de la serie de tiempo, como tendencia y estacionalidad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general

La importación de vehículos de Estados Unidos a Guatemala ha generado interés en comerciantes en el país, dado que puede importarse cualquier modelo, siempre y cuando se paguen los impuestos correspondientes, esto genera un crecimiento en la importación de vehículos, a su vez hace que el parque vehicular de Guatemala crezca de manera desmedida. Según el informe del Instituto Nacional de Estadística (INE) del año 2018, la importación de vehículos usados desde 2009 ha tenido un crecimiento por encima de la venta local de vehículos nuevos, del año 2016 a 2017 existió un crecimiento del 5.3 %.

El crecimiento de esta actividad económica impacta de forma directa en el crecimiento del parque vehicular de Guatemala, por tanto, hace colapsar los sistemas de tránsito vial, lo que, a su vez, perjudica la movilidad de las personas en Guatemala. Además, dado ese crecimiento desmedido, no se planea en tiempo y no se asigna la cantidad correcta de obras de mejora en la infraestructura vial.

Al no contar con pronósticos certeros sobre la importación de automóviles, en un horizonte de 3 años, se planea de forma errónea y como consecuencia, se asigna por parte de las entidades estatales, un presupuesto incapaz de mejorar la calidad del servicio vial, y la mejora en infraestructura.

- Descripción del problema

En Guatemala se desconoce la elaboración de un pronóstico adecuado que permita visualizar el impacto que tendrá la sobrepoblación de vehículos, y de cómo esto afectará la movilidad de las personas. La falta de un modelo matemático que permita predecir el comportamiento de la importación de vehículos aumenta la probabilidad de fallas en el sistema de tránsito vial, errores y demoras en la planificación de proyectos de infraestructura vial y aumenta el tiempo de movilidad de las personas de un punto X a un punto Y.

Guatemala no cuenta con una ley que regule el año de importación de vehículos usados, y carece de informes integrales que indiquen la tendencia que tomará, para vehículos usados, en comparación a los vehículos nuevos en los próximos 3 años, esto tiene como consecuencia que se incurra en errores en la planificación de proyectos de infraestructura y tránsito vial, por tanto, no se asigne el presupuesto adecuado para cada uno de los proyectos.

No se cuenta con un análisis que permita obtener conocimiento de este fenómeno y, que sirva como apoyo en la toma de decisiones para la elaboración de proyectos de infraestructura y tránsito vial.

- Formulación del problema

- Pregunta central

- ¿Cuál es el pronóstico que permite predecir el comportamiento que tendrá la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuál es la tendencia que tomará la importación de vehículos usados del año 2020 al 2022?
 - ¿Cuál es la tendencia que tomará la venta de vehículos nuevos del año 2020 al 2022?
 - ¿Cómo afectará la importación de vehículos usados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala, según las predicciones realizadas con un modelo matemático?
- Delimitación del problema

Este problema aplica para todos los automóviles del parque vehicular de Guatemala, con la clasificación de vehículos nuevos y vehículos importados, con bases de datos obtenidas del instituto nacional de estadística (INE), en el periodo de tiempo del año 2014 al año 2019, excluye motocicletas y transporte pesado.

OBJETIVOS

General

Pronosticar el comportamiento de la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, mediante el análisis de la serie de tiempo.

Específicos

1. Analizar la tendencia de la serie de tiempo de vehículos importados usados para situar la información de forma visual, mediante gráficos y la descomposición de la serie de tiempo, incorporando predicciones realizadas con un modelo matemático.
2. Analizar la tendencia de la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos para situar la información de forma visual, mediante gráficos y la descomposición de la serie de tiempo, incorporando predicciones realizadas con un modelo matemático.
3. Identificar el impacto hasta el año 2022 de la importación de vehículos usados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala, a través de un pronóstico y análisis de regresión y correlación, para generar conocimiento y sea utilizado para proyectos de mejora en la movilidad de las personas.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

En el presente resumen se exponen los criterios para realizar el tema investigativo, se describen las características, unidad de análisis, las variables de interés, y las fases correspondientes para cumplir con los objetivos.

- **Características del estudio**

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, dado que se realizará análisis de información, en el cual, se utilizarán distintas herramientas y conceptos estadísticos para generar un modelo que permita predecir el comportamiento de importación de vehículos y venta de vehículos nuevos.

El alcance del estudio es descriptivo y correlacional, dado que pretende identificar la tendencia de la importación de vehículos y venta de autos nuevos, describir y conocer los comportamientos simultáneos

El diseño adoptado será no experimental, dado que se tomará una serie de tiempo obtenida del INE, localizada en la página oficial del Instituto Nacional de Estadística (INE) en el segmento de transporte y servicios, de acceso gratuito, donde, muestran el registro de datos por mes de la importación de vehículos y venta de vehículos nuevos.

- **Unidades de análisis**

La población en estudio serán los vehículos del parque vehicular de Guatemala, la cual se encuentra dividida en vehículos nuevos y vehículos

importados, por tanto, se tomará información histórica recolectada del instituto nacional de estadística INE, en la sección de parque vehicular.

- Variables

Las variables en estudio se describen a continuación:

Tabla I. Variables que contiene el estudio

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Meses	Periodo de 30 días, el cual es, cada una de las partes en las que se divide un año	Cantidad de tiempo en donde pueden registrarse acciones y totalizarlas al finalizar el periodo de tiempo. Es una variable nominal.
Venta de vehículos Nuevos	Acción y efecto de dar un vehículo a cambio de una suma de dinero establecida por ambas partes.	Número real en unidades de vehículos que están sujetos al periodo de tiempo mensual. Es una variable de razón
Importación de vehículos	Introducción en un mercado de vehículos procedentes de Estados Unidos con dirección a un destino específico de Guatemala	Número real en unidades de vehículos que ingresan a Guatemala procedentes de Estados Unidos, que están sujetos al periodo de tiempo mensual. Es una variable de razón

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Fases del estudio

En el presente estudio, se realizó el siguiente procedimiento con el propósito de alcanzar el objetivo:

- Fase I: revisión documental

Como fundamento de la actividad económica se obtuvo la información del automóvil es el medio actual más utilizado por las personas, para la movilización de un lugar a otro. Guatemala forma parte de la rama de países que tienen una inclinación por la importación de vehículos desde Estados Unidos y que genera actualmente un incremento en el parque vehicular de las personas. Como fundamentos estadísticos del estudio, se obtuvo los conceptos estadísticos, que fueron necesarios para el desarrollo de un modelo matemático que permitió predecir el comportamiento de la importación y venta de vehículos nuevos en los próximos 3 años

Se consultó la información pública brindada por el Instituto Nacional de Estadística, en la sección parque vehicular. Se obtuvieron bases de datos con el fin de utilizar un *software* estadístico para la obtención del modelo que permitió predecir el comportamiento de la actividad económica que se estudiará.

- Fase II: análisis de la información

Se analizó la información obtenida mediante gráficos para la determinación de la tendencia y el comportamiento de la importación y venta de vehículos nuevos en Guatemala. Se realizó la descomposición de la serie de tiempo y se analizó cada componente. Se encontró mediante el método de pronósticos ARIMA el modelo para pronosticar ambos comportamientos.

- Fase III: pronóstico de las series de tiempo

Se realizó el pronóstico de la venta de vehículos nuevos y la importación de vehículos usados en Guatemala, mediante el modelo obtenido por el método ARIMA.

- Fase IV: interpretación del pronóstico

Se interpretaron los resultados de ambas series de tiempo, por medio de los niveles de confianza que se obtuvieron del pronóstico ARIMA, estos niveles de confianza de 80 % y 95 % permitieron graficar las bandas de confianza del pronóstico. Por otro lado, se identificó la correlación que tiene la importación de vehículos contra la venta de vehículos nuevos en Guatemala, con una muy baja correlación encontrada.

- Fase V: redacción de informe final.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo busca sistematizar el uso de metodologías que permitan pronosticar mediante un modelo, el comportamiento de la importación de vehículos usados y la venta de vehículos nuevos en Guatemala, específicamente usando metodologías de Box-Jenkins, para integrar la componente estacional y de tendencia en un mismo modelo realizando un correcto análisis de series de tiempo.

En Guatemala se desconoce la elaboración de un pronóstico adecuado que permita visualizar el impacto que tendrá la sobrepoblación de vehículos, y de cómo esto afectará la movilidad de las personas. La falta de un modelo matemático que permita predecir el comportamiento de la importación de vehículos aumenta la probabilidad de fallas en el sistema de tránsito vial, errores y demoras en la planificación de proyectos de infraestructura vial.

La importancia del estudio está en generar conocimiento a través del análisis de la serie de tiempo y el uso de las metodologías más adecuadas para generar un pronóstico que permita predecir el comportamiento de la importación de vehículos y venta de vehículos nuevos.

La metodología en la investigación fue de enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y correlacional, y de diseño no experimental, la recolección de información se hizo a través de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística INE.

El aporte de la presente investigación consistió en analizar el comportamiento tanto de la importación de vehículos usados como de la venta de vehículos nuevos, para a través de un modelo predecir el comportamiento e identificar el impacto que tiene una variable sobre la otra.

Para el logro de los objetivos planteados, se realizó una revisión documental, para obtener las bases de datos públicas brindadas por el instituto nacional de estadística, posterior a la revisión documental, se analizó la información a través de técnicas de descomposición de series de tiempo, posterior, se realizó el pronóstico mediante la metodología ARIMA para, integrar la componente estacional y de tendencia. Como cuarta fase, se analizó la información obtenida del pronóstico y se validó a través de la herramienta Rstudio la correlación que tiene las variables, por último, se discutió los resultados obtenidos, evaluando las técnicas y metodologías estadísticas utilizadas durante el proceso.

El estudio fue factible debido a que se contó con las bases de datos públicas en el Instituto nacional de estadística INE, y se pudo extraer la información en formato Excel del año 2014 al año 2019.

El informe se desarrolló en 4 capítulos, en el primero se plasmó la investigación que hace referencia a la importación de bienes y a la generación de pronósticos a través de metodologías estadísticas.

En el segundo capítulo, se desarrolló el marco teórico, donde se abordaron todos los temas relacionados al análisis de las series de tiempo y las metodologías para pronosticar.

En el tercer capítulo, se incluyen los resultados obtenidos del análisis de la serie de tiempo, de la descomposición de la serie y del pronóstico realizado a través de la metodología ARIMA, para los vehículos importados y la venta de vehículos nuevos. Se hace la validación del impacto a través de un análisis de correlación.

En el cuarto capítulo, se realizó una discusión de resultados, en donde se analizó la validez interna como la externa de la investigación, se discutieron los resultados obtenidos tanto de los pronósticos para ambas variables y la relación que existe entre un comportamiento y otro.

1. MARCO REFERENCIAL

Entre 2018 y 2020 en Guatemala, el volumen de importación de automóviles está por arriba de la venta de automóviles nuevos, esta actividad es fundamental en la economía de Guatemala, ya que de ella surgen varios impuestos, de acuerdo con Gavelan (2014) afirma que “el costo de importación está constituido por el precio original de compra (...) flete, seguro, derechos e impuestos que gravan la importación, transporte, acarreo y gastos de aduana en general; por consiguiente, incluye todos los gastos atribuibles directamente al producto” (p. 2). Debido al auge de importadores de vehículos en Guatemala, este rubro está generando una mayor recaudación de impuestos en el país, pero también aumenta desmedidamente el parque vehicular.

Sin duda alguna, la importación de vehículos es una actividad económica que afecta el parque vehicular, es por ello que según Figueroa (2018) “este aumento del parque vehicular es una manifestación que obedece a una de las imposiciones de la globalización, que es la libre circulación de mercancías y de capitales, legalizados a través de los tratados de libre comercio internacionales” (p. 2) por ello es inviable aumentar o disminuir el nivel de esta actividad económica, pero sí puede controlarse a través de la información que brindan los pronósticos.

Guatemala actualmente no cuenta con una ley para regular la calidad y cantidad de vehículos de segunda mano que ingresan al país como una importación de Estados Unidos, por tal razón, para reducir y controlar el crecimiento para Lacayo y Juárez (s.f.) enfatizan que en México “si se analizan las emisiones de dióxido de carbono en particular, las provenientes del transporte

carretero representaron el 35.3 % del total de emisiones de CO₂ en México en 2010” (p. 6). Este decreto le aportó a México una retención en el aumento del parque vehicular, como medida correctiva al crecimiento desmedido, tomar esta acción en Guatemala podría contribuir a frenar el crecimiento de importación de vehículos.

Los pronósticos tienen una precisión y sesgo estimados, de acuerdo con Garza *et. al.* (2008) indican que:

Desafortunadamente, a pesar de la importancia que tienen los pronósticos en la industria, es bien sabido que la primera regla en pronósticos es que el pronóstico siempre está equivocado. Lo anterior enfatiza la necesidad de que el modelo de pronóstico, aparte de darnos una estimación de un valor futuro, sea capaz también de darnos, con un cierto nivel de confianza, un rango en el cual caerá el valor que deseamos pronosticar. (p. 1)

Debido al requerimiento que el pronóstico devuelva la información con una certeza definida es necesario evaluar el modelo adecuado según la serie de tiempo analizada, este artículo permitió analizar el error de predicción de cada modelo.

Para la generación de un modelo se necesita una base de datos homologada, según Gil (2016) nos dice que:

Para la construcción del modelo se utilizaron series de tiempo, definidas como una extensión de valores en la misma escala, indexados por un parámetro de tiempo similar, (...) las cuales se constituyen como una

técnica de fácil implementación y de resultados confiables para el pronóstico de la demanda. (p. 2)

Por tanto, fue necesario analizar las bases de datos, y hacer la limpieza respectiva de las mismas para generar un modelo certero a través del análisis de la serie de tiempo, esto se aplicará a las bases de datos obtenidas del INE, acerca de la importación de vehículos.

Los pronósticos devuelven el valor futuro de una variable a través de un modelo matemático, este modelo devuelve a su vez otras variables de interés, para Molina y García (2006) estas variables son: “el factor de correlación (que muestra si existe la relación lineal), el error de predicción (diferencia entre la predicha y la real) y el error en coeficientes” (p. 72). Estas variables fueron cruciales en la elección del modelo matemático, ya que el modelo se analizó y función del error, con base en este antecedente.

Para realizar un pronóstico adecuado se necesita seguir un método o procedimiento, para Hanke y Wichern (2006) los pasos mínimos a seguir son los siguientes “1. Formular el problema y recolección de datos, 2. Manipulación y limpieza de datos, 3. Construcción y evaluación del modelo, 4. Aplicación del modelo, 5. Evaluación del pronóstico” (p. 5). El seguir estos pasos, aseguró tener un pronóstico confiable, con menor incertidumbre.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación estadística

Una serie de datos tiene suficiente información para hacer deducciones, pero la fundamentación estadística, se vuelve necesaria para darle peso a cada conclusión que se tenga durante la investigación.

La serie de tiempo es importante para determinar si existe un comportamiento predominante en los datos estudiados y optar por un método estadístico adecuado, con esto, es posible predecir una cantidad de datos adecuada según el grado de asociación de las variables estudiadas, por tanto, el análisis de correlación es uno de los más potentes para encontrar relación entre 2 variables cuantitativas, determinando con esto que tan confiable será el pronóstico.

En este capítulo se describen las principales herramientas que sirven como base para desarrollar el análisis adecuado y el pronóstico más certero para el comportamiento de la importación de vehículos usados contra la venta de vehículos locales en Guatemala.

2.1.1. Series de tiempo

Se ha hablado sobre la descomposición de las series de tiempo, para entender de mejor manera este concepto, Aneiroz (2008) describe que “una serie de tiempo es el resultado de observar los valores de una variable X a lo largo del

tiempo. Por ejemplo: X: Temperatura media en Coruña, Frecuencia de observación: mensual, Serie de tiempo: 11.5, 11.1, 11.7, 13.2, 14.7.” (p. 6).

2.1.1.1. Análisis previo de los datos

Para analizar el comportamiento de una serie de tiempo, previo a hacer un pronóstico se necesita realizar una serie de observaciones de la serie de tiempo, al hacer esto, se puede profundizar de mejor manera sobre la información que se quiere obtener de la serie de datos.

La prueba informal más común para la validación del supuesto es una prueba gráfica mediante un Q-Q plot, según Pulido (2008) “éstas tienen el inconveniente de que no son exactas, aun así, en la mayoría de las situaciones prácticas proporcionan la evidencia suficiente en contra o a favor de los supuestos” (p. 82). El uso de las pruebas gráficas requiere una fuerte evidencia visual. Cuando son uno o dos los puntos que se salen del comportamiento esperado de las gráficas se pueden tratar de un problema de puntos aberrantes, no de violación del supuesto en cuestión.

Sin duda alguna, las pruebas formales a través de distintos métodos resultan ser las más certeras y contundentes para proceder a realizar el estudio, una de estas pruebas es la prueba de Shapiro Wilks, de acuerdo con Pulido (2008) afirma que:

Además de la evaluación visual basada en la gráfica de probabilidad normal, existen varios métodos analíticos para contrastar la hipótesis H_0 : Hay normalidad contra H_A : No hay normalidad. Entre dichas pruebas se encuentran la ji-cuadrada para bondad de ajuste, la prueba de Shapiro-

Wilks (...) de las cuales, la de Shapiro-Wilks es una de las más recomendadas. (p. 83)

Por ende, se presenta la ecuación utilizada correspondiente a la ecuación de Shapiro Wilks, donde S^2 es la varianza muestral, y a_i es un coeficiente establecido según el rango de datos.

$$W = \frac{1}{(n-1)S^2} [\sum_{i=1}^k a_i (X_{(n-i+1)} - X_{(i)})] \quad (\text{Ec. 1})$$

Al ser comparados tanto el método gráfico como el método estadístico, se realiza el pronóstico según el método recomendado.

Según Antúnez (2011) “una serie de tiempo se puede descomponer en al menos 3 elementos, 1. Estacionalidad, 2. Tendencia y 3. Ciclo” (p. 4).

La descomposición de una serie de tiempo es uno de los ejercicios más básicos en los pronósticos, para descomponer la serie y entender de manera explícita la información que se puede obtener de la serie, el concepto de estacionalidad descrita por Antúnez (2011) afirma que:

Es un componente que se repite siempre en intervalos de tiempo similares, como por ejemplo tenemos: la venta de panteones que se incrementa siempre en 2 meses al año, la venta de helados que se incrementa en verano (...) como mencionan muchos autores se debe a razones estacionales invierno, verano, otoño y primavera, factores institucionales o legales, entre otros. (p. 4)

Es por tanto un detalle importante que la estacionalidad no puede ir más allá de los 12 meses del año.

La tendencia según Antúnez (2011) es “es un componente que refleja el comportamiento de mediano y largo plazo de la variable. Los factores que explican la tendencia de la serie de tiempo son aquellas variables importantes que inciden de manera significativa en la serie de tiempo” (p. 5),

El último concepto para la descomposición de una serie de tiempo es el ciclo, el cual, según afirma Antúnez (2011) “el ciclo nos muestra el comportamiento de corto plazo de la serie de tiempo, lo que dependerá de los factores no estructurales que se pueden presentar en el mercado” (p. 5)

2.1.2. Pronósticos

Los pronósticos ganan relevancia en las instituciones a medida que pasan los años, Según Rojas (2019), “es un método mediante el cual, se intenta conocer el comportamiento futuro de alguna variable con algún grado de certeza” (p. 2). En la industria, se utilizan mucho para pronósticos de precios, o la demanda de algún producto en específico.

2.1.2.1. Métodos para pronósticos

Dada la variabilidad que puede tener una serie de tiempo, existen distintas formas de analizar los datos, dada su descomposición.

De acuerdo con Rojas (2019), “disponibles tres grupos de métodos de pronósticos: los cualitativos, los de proyección históricos y los causales” (p. 2).

El método de proyección histórica es uno de los métodos más utilizados en estadística para pronosticar, pero tiene ciertos requerimientos mínimos, tal es el caso de la información del pasado, es decir, datos históricos.

Cuando se quiere pronosticar por proyección histórica según Roger (2017) “se utilizan varios enfoques: como el promedio siempre, series de tiempo, promedio móvil, promedio móvil ponderado y suavización exponencial” (p. 4).

- Promedio simple: donde n es el número de datos analizados.

$$Promedio = \frac{\text{Suma de los } n \text{ periodos previos}}{n} \quad (\text{Ec. 2})$$

- Promedio móvil: donde Y es la observación en el periodo t, k es igual al total de los valores.

$$F = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-k+1}}{k} \quad (\text{Ec.3})$$

- Promedio móvil ponderado: donde C es la ponderación del periodo i, y X es el dato real de los periodos anteriores.

$$X_t = \sum_{i=1}^n C_i * X_{t-i} \quad (\text{Ec.4})$$

- Suavización exponencial: donde Y es la observación en el periodo t, F es el pronóstico en el periodo t, y α es la constante de suavización.

$$F = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_T \quad (\text{Ec.5})$$

2.1.2.1.1. Métodos de evaluación

Existen distintos métodos para realizar una evaluación y el análisis de la información, frecuentemente se utilizan los métodos cuantitativos. Existen varios métodos utilizados para pronosticar:

- Método por suavización.

Según Montemayor (2013) afirma que:

Los métodos de suavización utilizan el patrón histórico de la serie para proyectarlo al futuro y realizar pronósticos de la variable de interés; asumen que el valor futuro de la variable en el periodo $t+1$ está en función del valor de la serie en el periodo actual, t , del periodo anterior, $t-1$, y de periodos pasados. (p. 12)

Por tanto, este tipo de método se basa en el periodo actual para determinar cuál será el valor del siguiente periodo.

El modelo estadístico utilizado para este tipo de pronósticos se presenta en la siguiente ecuación, donde Y son los datos en un periodo de tiempo específico:

$$Y_t = f(Y_t, Y_{t+1}, Y_{t+2}, Y_{t+3} \dots Y_{t+n}) \quad (\text{Ec.6})$$

Sin duda, existen distintas formas para hacer un pronóstico utilizando este método, de acuerdo con Montemayor (2013) “promedio móvil simple, promedio móvil de k periodos, suavización exponencial simple, promedio móvil doble, suavización exponencial doble: método de Brown, suavización exponencial doble: método de Holt” (p. 13). Estos métodos están en función del patrón de la serie a estudiar en los métodos por descomposición.

- Método por descomposición.

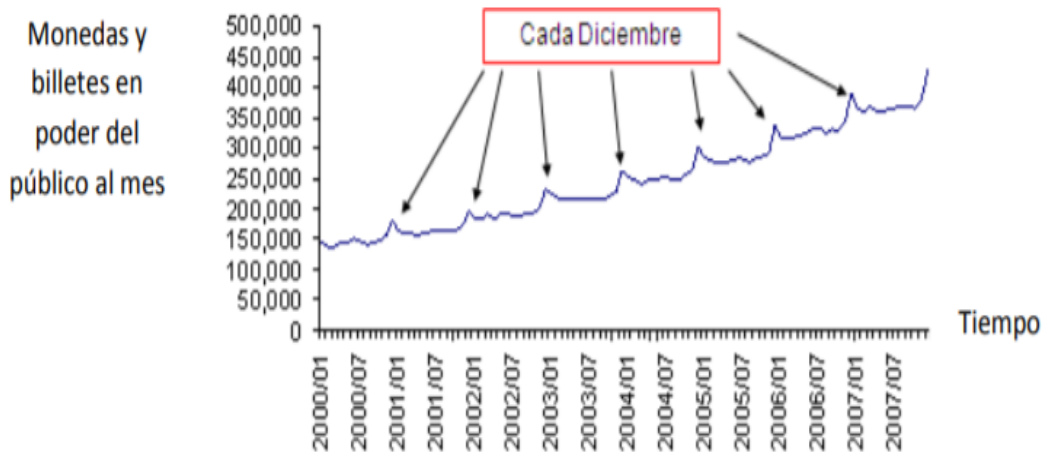
De acuerdo con Montemayor (2013) los métodos por descomposición “plantean que cualquier variable medida a través del tiempo se puede expresar en función de los patrones de estacionalidad, tendencia, componente cíclico y variación aleatoria” (p. 13). Que describe la composición de los patrones de la serie.

Estacionalidad, como su nombre lo indica, hace referencia a cuando la serie de tiempo tiene valores repetitivos cada cierto periodo de tiempo, de acuerdo con Montemayor (2013) afirma que:

Cuando una serie se ve influenciada por factores que se repiten en la misma temporada del año, se dice que tiene un patrón estacional. Ejemplos de variables con patrón estacional son las ventas de trajes de baño (con un incremento marcado en cada verano), las ventas de artículos navideños (con un incremento marcado cada diciembre), las monedas y billetes en poder del público. (p. 14)

Para ejemplificar tal patrón, se muestra la siguiente figura:

Figura 1. **Estacionalidad en serie de tiempo**



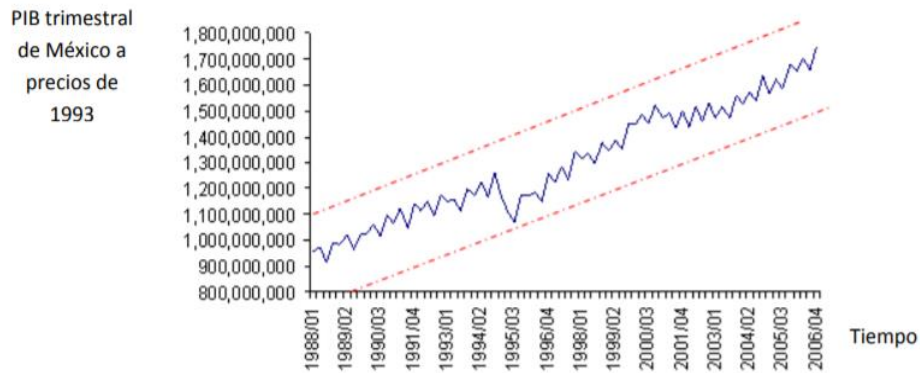
Fuente: Montemayor (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*.

Tendencia, como su nombre lo indica hace referencia al crecimiento o decrecimiento en la serie de tiempo, para Montemayor (2013) tendencia es:

Existe cuando las series crecen o decrecen consistentemente sobre un largo periodo de tiempo. Las series que muestran tendencia están influenciadas por la actividad económica, un ejemplo de estas series es el Producto Interno Bruto, PIB, que mide la producción de bienes y servicios de un país. (p. 14)

Para ejemplificar se muestra la siguiente figura:

Figura 2. **Tendencia en serie de tiempo**



Fuente: Montemayor (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*.

El patrón Cíclico, hace referencia a variación en la tendencia en un periodo de tiempo, de acuerdo con Montemayor (2013) el patrón cíclico es:

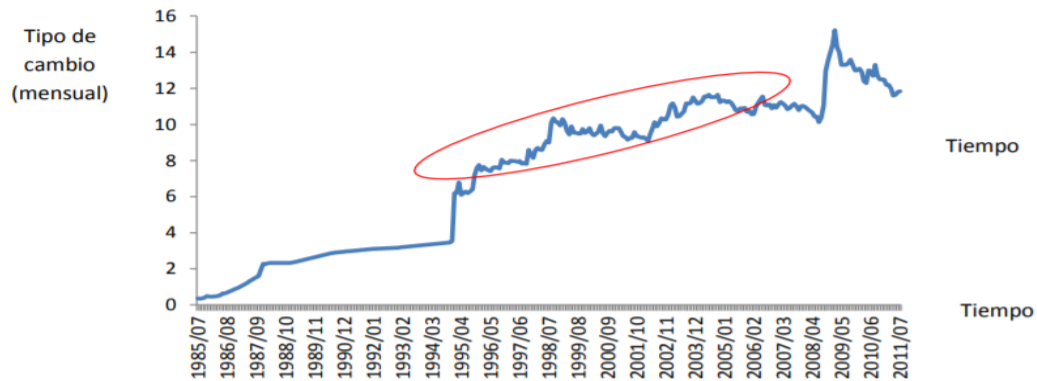
se puede observar un patrón adicional, un crecimiento o decrecimiento constante cada cierto tiempo, este patrón es el comportamiento cíclico. En México marcadamente cada cambio de sexenio (cada seis años) se observaba una caída en el comportamiento del PIB, haciendo visible un patrón cíclico. (p. 14)

Para ejemplificar se muestra la siguiente figura:

La aleatoriedad, es por defecto el desconocimiento de patrones o regularidades, para Montemayor (2013) la aleatoriedad es:

Para ejemplificar se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Aleatoriedad en serie de tiempo



Fuente: Montemayor (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*.

Bajo los conceptos de los patrones de la serie de tiempo, de acuerdo con Montemayor (2013) afirma que:

Partiendo de que el periodo actual es el t , los métodos de descomposición proponen estimar por separado cada uno de los patrones de la serie para el periodo $t+1$, con la intención de obtener el pronóstico de la variable en $t+1$, agregando dichos patrones mediante un esquema multiplicativo o aditivo. (p. 15)

Por tanto, en la siguiente ecuación, se muestra el modelo estadístico para métodos por descomposición de la estacionalidad, tendencia, ciclo y aleatoriedad:

- Método aditivo: donde E es la estacionalidad, T es la tendencia, C es la ciclicidad y L es el error

$$Y_{t+1} = E_{t+1} + T_{t+1} + C_{t+1} + L_{t+1} \quad (\text{Ec. 7})$$

- Método multiplicativo: donde E es la estacionalidad, T es la tendencia, C es la ciclicidad y L es el error

$$Y_{t+1} = E_{t+1} * T_{t+1} * C_{t+1} * L_{t+1} \quad (\text{Ec. 8})$$

- Método por Box Jenkins.

Existen métodos más potentes y parsimoniosos para realizar pronósticos, según Jiménez (2006) afirma que el método de Box Jenkins:

Parte del hecho de que la serie temporal que se trata de predecir es generada por un proceso estocástico cuya naturaleza puede ser caracterizada mediante un modelo (...) básicamente la metodología Box-Jenkins consiste en encontrar un modelo matemático, que represente el comportamiento de una serie temporal de datos, y permita hacer previsiones únicamente introduciendo el periodo de tiempo correspondiente. (p. 3)

Este método para realizar pronósticos se hace a través de la metodología ARIMA planteada por Box & Jenkins, de acuerdo con Jiménez (2006) “los modelos ARIMA univariantes se explica el comportamiento de una serie a partir de las observaciones pasadas de la propia serie y a partir de los errores pasados de previsión.” (p. 3)

Esta notación se define básicamente de la ecuación correspondiente al modelo matemático ARIMA:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 y_1 + L + \phi_p y_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - L - a_{t-q} \theta_q \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde según Jiménez (2006) dice que:

La parte autorregresiva (AR) del modelo es $\phi_1 y_{t-1} + L + \phi_p y_{t-p}$, mientras que la parte de medias móviles del modelo (MA) es $-\theta_1 a_{t-1} - L - \theta_q a_{t-q}$. Los coeficientes de los parámetros $\phi_0, \phi_1, L, \phi_p, \theta_1, L, \theta_q$ son determinados a partir de los datos, a través de cualquier método estadístico consistente. (p. 4)

Es, por tanto, que el modelo es una adición de la parte autorregresiva, la parte de medias móviles, y la de diferenciación.

- Método por regresión lineal.

Según afirma Montemayor (2013) este método:

Los métodos de suavización y de descomposición utilizan el patrón de la serie para realizar pronósticos, sin embargo, mediante ellos no es posible identificar los factores que influyen en la variable bajo estudio, en cambio, en los métodos de regresión lineal sí es posible determinarlos con la intención de controlarlos y realizar pronósticos. (p. 14)

De acuerdo con Laguna (2014) dice que la regresión:

La regresión es su forma más sencilla se llama regresión lineal simple. Se trata de una técnica estadística que analiza la relación entre dos variables cuantitativas, tratando de verificar si dicha relación es lineal. Si tenemos dos variables hablamos de regresión simple, si hay más de dos variables regresión múltiple. (p. 7)

A la deducción de este tipo de datos se le llama por ende regresión

Laguna (2014) afirma también que “mediante las técnicas de regresión inventamos una variable $\hat{Y}$ como función de otra variable X (o viceversa). Definida por la siguiente expresión $Y = F(x)$ ” (p. 7).

Para lograr encontrar el modelo de regresión según indica Laguna (2014):

La regresión lineal consiste en encontrar (aproximar) los valores de una variable a partir de los de otra, usando una relación funcional de tipo lineal, es decir, buscamos cantidades a (ordenada en el origen) y b (pendiente de la recta lineal). (p. 7)

Por tanto, se muestra la ecuación del modelo de regresión lineal para pronósticos, donde X es la variable independiente (pendiente) y a y b son coeficientes:

$$Y = a + bx \quad (\text{Ec. 10})$$

Para la elección del mejor modelo se busca minimizar los residuos, para Laguna (2014) esto:

Se trata de buscar la recta que dé lugar a los residuos más pequeños, es decir la recta que hace mínima la suma de cuadrados de las distancias verticales entre cada punto y la recta, de tal manera que se minimice la suma de los errores al cuadrado. (p. 7)

Por tanto, en la siguiente ecuación, se muestra cómo estimar los residuos donde e_i^2 es la diferencia entre de cada dato con el valor promedio al cuadro.

$$SCRes = \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (\text{Ec. 11})$$

Y de esta manera se encuentra los coeficientes de la ecuación de la regresión lineal, Donde S representa las desviaciones de las variables:

$$b = \frac{s_{XY}}{s_y^2} \quad (\text{Ec. 12})$$

2.1.2.1.2. Modelos de correlación

Para conocer cuáles son los modelos o conceptos básicos, para realizar un análisis eficiente, se necesita conocer la definición de correlación, de acuerdo con Laguna (2014) afirma que:

La finalidad de la correlación es examinar la dirección y la fuerza de la asociación entre dos variables cuantitativas. Así conoceremos la intensidad de la relación entre ellas y si, al aumentar el valor de una variable, aumenta o disminuye el valor de la otra variable. (p. 8)

2.1.2.1.3. Coeficiente de correlación

Este coeficiente es también conocido como el coeficiente de correlación de Pearson, y es un estimador muestral.

De acuerdo con Laguna (2011) el coeficiente de correlación: “índice que mide si los puntos tienen tendencia a disponerse en una línea. Puede tomar valores entre -1 y +1. Es un método estadístico paramétrico, utiliza la media, la varianza, por tanto, requiere criterios de normalidad para las variables analizadas” (p. 3).

Esto definido por la siguiente ecuación donde S_{xy} es la covarianza entre el valor X y el valor y, S_x es la desviación típica de x, S_y es la desviación típica de y:

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y} \quad (\text{Ec. 13})$$

Según Laguna (2014) afirma que:

La expresión matemática para el coeficiente de correlación de Pearson parece compleja, pero esconde un planteamiento que, en el fondo, es sencillo: r estará próximo a 1 (en valor absoluto) cuando las dos variables X e Y estén intensamente relacionadas, es decir, al aumentar una aumenta otra y viceversa. A este concepto de variación al unísono se le llama covarianza. (p. 3)

Por tanto, si este factor es relativamente cercano a uno, demostrará la intensidad con la que las variables están relacionadas.

2.2. Importación de vehículos usados de Estados Unidos a Guatemala

En este capítulo se definen los conceptos de la actividad económica a la que está enfocada esta investigación.

2.2.1. Vehículos en Guatemala

El vehículo, es uno de los medios de transporte más utilizados en la actualidad, debido a los beneficios de movilidad que ofrece a las personas para trasladarse de un punto A a un punto B.

Según la Decreto 132-96 (1996) un vehículo “se entiende como cualquier medio de transporte terrestre o acuático que circule permanente u ocasionalmente por la vía pública, sea para el transporte de personas o carga” (p. 5).

De acuerdo con la revista Arza (2011):

De 1961 a 2005 la producción global de automóviles se incrementó un 337 %, lo que significa una tasa de crecimiento anual acumulado del 3 %. Este proceso de expansión ha ido acompañado de una concentración cada vez mayor del mercado automotor global. (p. 33)

El análisis de forma lógica es que el tiempo de movilidad de las personas de un punto A a un punto B aumente, debido a que aumentan la cantidad de vehículos en Guatemala, manteniendo la infraestructura para vehículos.

2.2.2. Importación

La importación de un bien juega un papel importante en la economía del país, debido a que representa ingresos a través de impuestos aduaneros.

La importación según la Cámara de Comercio de Guatemala (2019) es “régimen aduanero por el cual las mercancías importadas pueden entrar en libre circulación dentro del territorio, previo al pago de los derechos e impuestos a la importación exigibles con cumplimiento de las formalidades necesarias.” (p. 2)

Para importar de forma adecuada se deben de seguir los siguientes pasos que proporciona la cámara de comercio de Guatemala (CCG):

Figura 5. **Proceso de importación simplificado**

PASO 1	El importador solicita cotización de un producto "x" a un proveedor extranjero.
PASO 2	El importador acepta la cotización y hace el pedido a su proveedor por medio de correo electrónico, fax, o como se lo solicite.
PASO 3	El importador procede a efectuar el pago, este pago puede hacerlo enviando un giro bancario, depositando en la cuenta de banco que el proveedor le indique, entre otros. Luego le informa a su proveedor que ya efectuó el pago.
PASO 4	El importador elige una agencia de carga en Guatemala y le informa a su proveedor el nombre de la empresa que va a transportar la carga y viceversa. A la empresa de carga le proporciona el dato del proveedor y le indica que tiene una carga que necesita traer a Guatemala.
PASO 5	El proveedor confirma de recibido el pago y la preparación del pedido y a su vez contacta la agencia de carga para entregarle el pedido.
PASO 6	La agencia de carga recoge el pedido y lo mueve para Guatemala por la vía conveniente y previamente pactada.
PASO 7	Cuando la mercadería ingresa a Guatemala, la agencia de carga le informa al importado el monto de los impuestos a cancelar para el retiro de la mercadería de aduana. Normalmente la agencia de carga tiene su propio tramitador de aduanas quien es el encargado de realizar el trámite y elaborar la póliza de importación.
PASO 8	El importador emite el cheque por el pago de los impuestos y el pago del flete, normalmente son facturas por separado. La agencia de carga le hace entrega de su mercadería en bodegas del importador o bien el importador contrata servicio de flete local o lleva su propio vehículo para retirar la mercadería de aduana.

Fuente: Cámara de comercio de Guatemala (2019). *Guía para importar*.

2.2.3. **Infraestructura vehicular**

En los países desarrollados, se busca adecuar y hacer cambios importantes en la infraestructura vial para seguir buscando el desarrollo del país.

Según Garrido (s.f.) "es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos de forma confortable y segura desde un punto a otro" (p. 2).

De acuerdo con Carrasco (2009) afirma lo siguiente:

La infraestructura extensa y eficiente es un conductor esencial de competitividad. Es crítico para asegurar el funcionamiento eficaz de la economía, como esto es un factor importante que determina la posición (ubicación) de una actividad económica y las clases de actividades o sectores que pueden desarrollarse en una economía particular. (p. 85)

2.2.4. Tránsito vehicular

La cantidad de vehículos actualmente en Guatemala ocasionó un congestionamiento desmedido, sumado a esto, el estado de las calles provoca a su vez, una demora en la movilidad de las personas para transportarse de un punto A a un punto B.

En Guatemala existe un horario laboral y estudiantil similar para una gran parte de la población, por lo que el horario en el que la mayoría de las personas se traslada también es similar.

Es por ello que Thomson y Bull (2001) reafirman que “en las horas punta, una gran parte de la red vial en las ciudades latinoamericanas está operando muy cerca de su capacidad, implicando que pequeños aumentos en los flujos de tránsito agraven muy severamente la congestión” (p. 19).

2.2.5. Presupuesto para estructura vehicular

La asignación de presupuesto para mejorar la infraestructura vial es la parte más importante para que se ejecuten las obras planeadas.

Según Jiguan (2019) expreso que:

Carlos Colom, representante de la firma IDC, manifestó que la infraestructura vial tiene la capacidad de convertirse en un motor que impulse la economía. Debido a lo anterior, dijo que se debe aprobar una ley en esa materia para priorizar la ejecución de carreteras y caminos.
(p. 1)

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados, se presentan los resultados obtenidos con relación al pronóstico de series de tiempo.

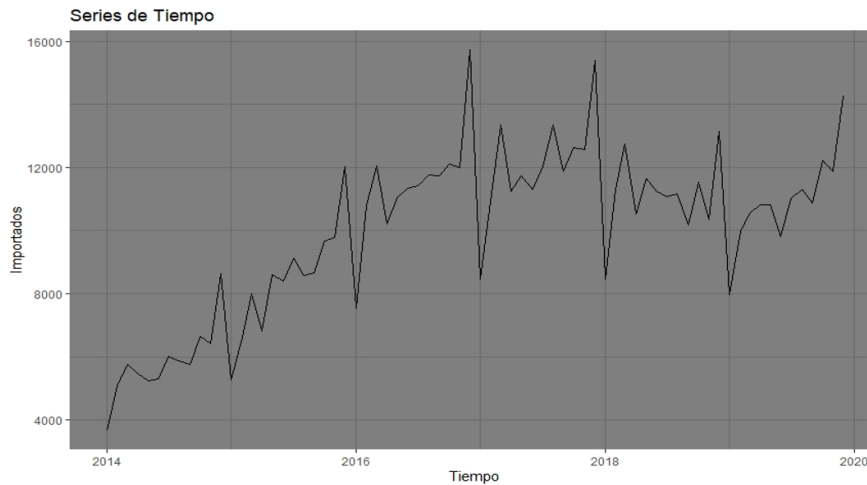
3.1. Objetivo 1: analizar la tendencia de la serie de tiempo de vehículos importados usados para situar la información de forma visual, mediante gráficos y la descomposición de la serie de tiempo, incorporando predicciones realizadas con un modelo matemático

De acuerdo con el primer objetivo, se desarrolla el análisis de la serie de tiempo de vehículos importados usados.

3.1.1. Descomposición de la serie de tiempo de vehículos importados usados

Para poder iniciar a realizar la descomposición de la serie de tiempo, como primer punto se graficó la serie de tiempo original, para situar la información de forma visual.

Figura 6. Serie de tiempo de vehículos importados usados

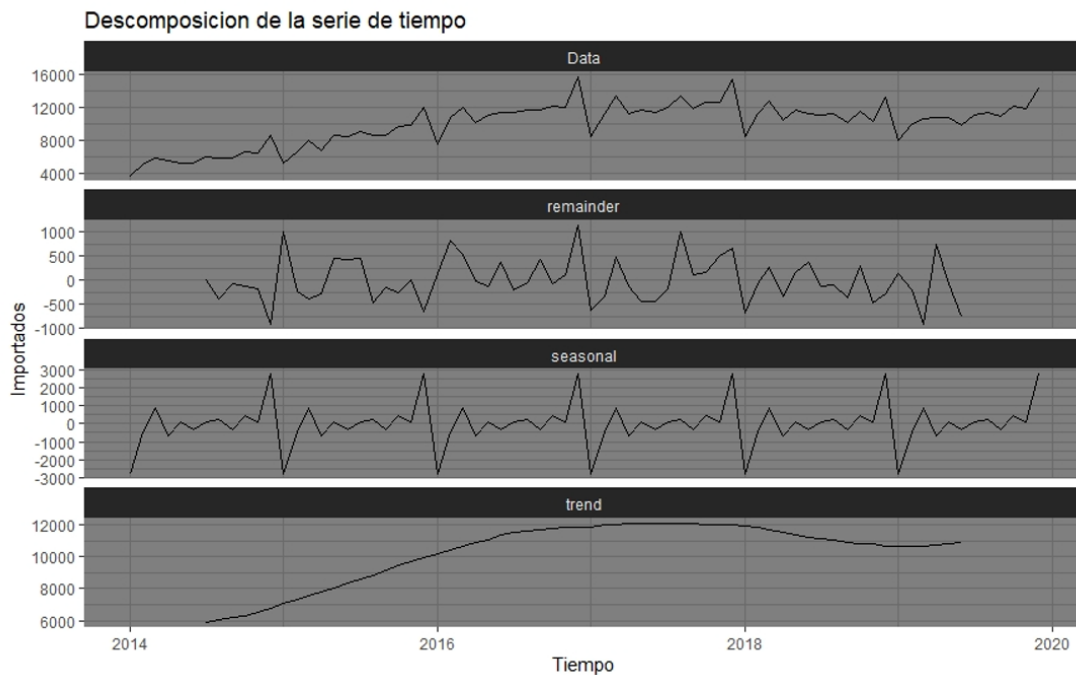


Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Como primera observación en la gráfica se notó que existe estacionalidad y tendencia creciente de los datos de la figura 6. Se identificó que es una serie no estacionaria, es decir que la media no oscila en un valor constante.

Para hacer la comprobación de los componentes que existen en la serie de tiempo, se utilizó la función `decompose` de RStudio, donde se obtuvo la siguiente gráfica.

Figura 7. **Descomposición de la serie de tiempo de vehículos importados**

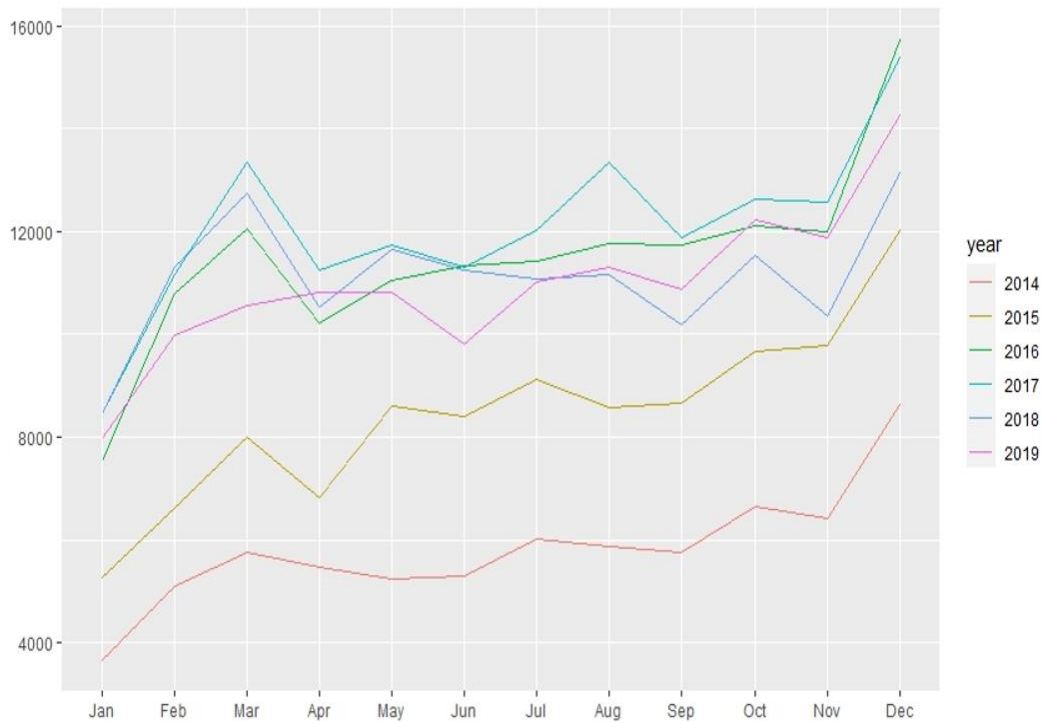


Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Con los datos obtenidos en la figura 7, se observa la parte estacional llamada seasonal, con lo que se identificó que la serie posee componente estacional, al igual que la tendencia llamada trend, tiene un comportamiento que no oscila alrededor de un valor fijo o constante, por lo que la serie de tiempo también posee el componente de tendencia.

Para validar la estacionalidad de la serie mediante otro gráfico, se utilizó el comando *seasonplot* de Rstudio, obteniendo los siguientes resultados.

Figura 8. **Validación gráfica estacionalidad**



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Con la validación de este ejercicio, se puede concluir gráficamente que la serie tiene una estacionalidad marcada en los meses de marzo y diciembre.

3.1.2. Incorporando predicciones mediante un modelo matemático

Debido al componente estacional y al componente de tendencia se decidió utilizar el método de ARIMA para poder incorporar predicciones mediante un modelo matemático.

En la figura 6, se muestra que la serie no es estacionaria, para comprobar esto se utilizó la prueba de Dickey-Fuller, donde se obtuvo el siguiente resultado.

Figura 9. **Prueba de Dickey-Fuller (estacionariedad)**

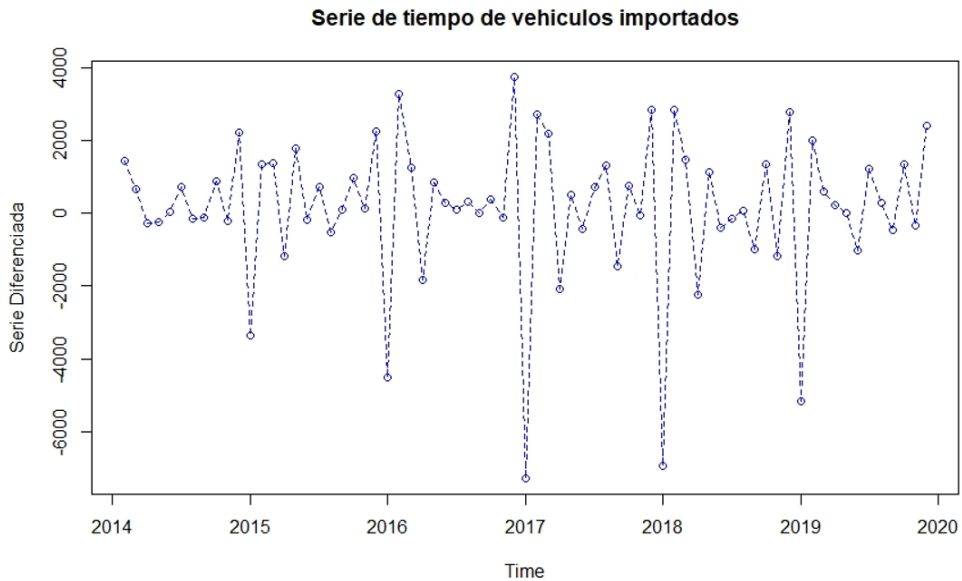
```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: data_fcst
Dickey-Fuller = -1.4535, Lag order = 4, p-value = 0.7978
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

La prueba de Dickey-Fuller, a través de la validación de hipótesis, validó que no existe estacionariedad en la serie, debido a que el valor crítico p-value es mayor a 0.05, por tanto, se tuvo que diferenciar la serie para transformar la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Obteniendo este resultado se hizo la transformación de los datos o diferenciación de la serie de tiempo, utilizando el comando de R `nsdiffs`, obteniendo el siguiente resultado gráfico.

Figura 10. **Serie de tiempo diferenciada**



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

En el análisis gráfico de la figura 10, se puede notar que, al aplicar una diferenciación de la serie de tiempo, se transformó en una serie estacionaria, y se obtuvo una serie estable, que no varía en media y varianza en el transcurso del tiempo. Por tanto, ya se puede utilizar la metodología ARIMA.

Con la serie estacionaria, se procedió a utilizar la función de Rstudio llamada `auto.arima`, la cual, nos indica el modelo con el menor error y mayor ajuste, como se ve en la siguiente figura.

Figura 11. **Modelo ARIMA**

```
ARIMA(2,1,0)(0,1,1)[12]
Coefficients:
      ar1      ar2      sma1
    -0.5399 -0.4414 -0.4425
s.e.   0.1183   0.1165   0.2081

sigma^2 = 557937: log likelihood = -474.12
AIC=956.24  AICC=956.98  BIC=964.55
```

Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

De la figura 11, se obtuvo la mejor combinación de los procesos auto regresivos y de medias móviles. De la forma ARIMA (2,1,0) (0,1,1) [12], obteniendo un modelo ARIMA estacional, de los resultados de Rstudio, se logró identificar en la figura 6 el modelo a utilizar para realizar las predicciones.

Por tanto, utilizando el modelo encontrado a través de Rstudio, se obtuvieron las siguientes predicciones del año 2020 al 2022.

Figura 12. **Predicción de vehículos importados 2020-2022**

Mes/Año	2,020	2,021	2,022
Jan	8,632	9,049	9,444
Feb	11,100	11,453	11,848
Mar	12,008	12,415	12,809
Apr	11,243	11,649	12,044
May	11,714	12,097	12,491
Jun	10,982	11,378	11,772
Jul	11,720	12,119	12,513
Aug	12,065	12,456	12,851
Sep	11,407	11,802	12,196
Oct	12,626	13,022	13,417
Nov	12,133	12,527	12,922
Dec	14,734	15,128	15,523

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Se obtuvieron las predicciones con el modelo ARIMA, para el año 2020, 2021 y 2022.

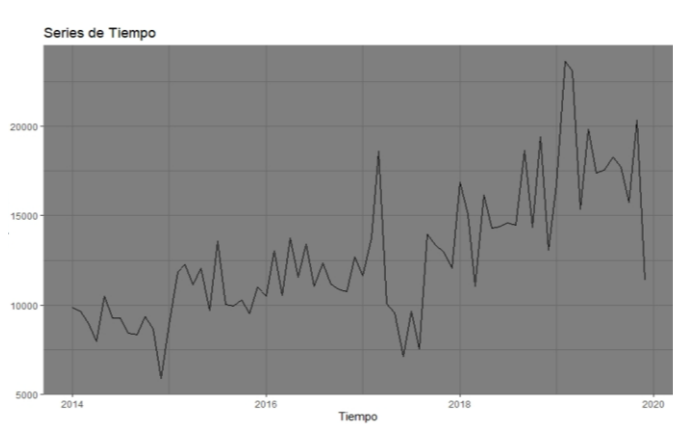
3.2. Objetivo 2: analizar la tendencia de la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos para situar la información de forma visual, mediante gráficos y la descomposición de la serie de tiempo, incorporando predicciones realizadas con un modelo matemático

De acuerdo con el segundo objetivo, se desarrolla el análisis de la serie de tiempo de vehículos nuevos.

3.2.1. Descomposición de la serie de tiempo de vehículos nuevos

Para poder iniciar a realizar la descomposición de la serie de tiempo de vehículos nuevos, como primer punto se graficó la serie de tiempo original, para situar la información de forma visual.

Figura 13. Serie de tiempo de vehículos importados nuevos



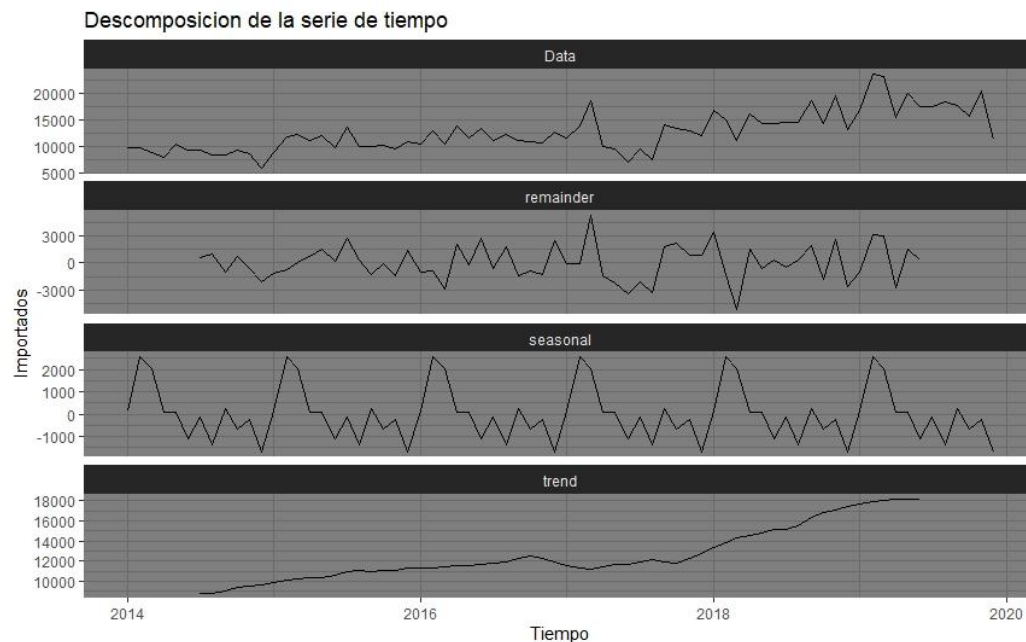
Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Como primera observación en la gráfica se notó que existe tendencia creciente de los datos de la figura 13. Se identificó que es una serie no estacionaria, es decir que la media no oscila en un valor constante.

Sin embargo, la parte estacional no es tan clara en la gráfica original, para lo cual se tiene que proceder a través de la descomposición de la serie de tiempo de vehículos nuevos para hacer una segunda validación.

Para hacer la comprobación de los componentes que existen en la serie de tiempo, se utilizó la función `decompose` de RStudio, donde se obtuvo la siguiente gráfica.

Figura 14. Descomposición de la serie de tiempo de vehículos nuevos

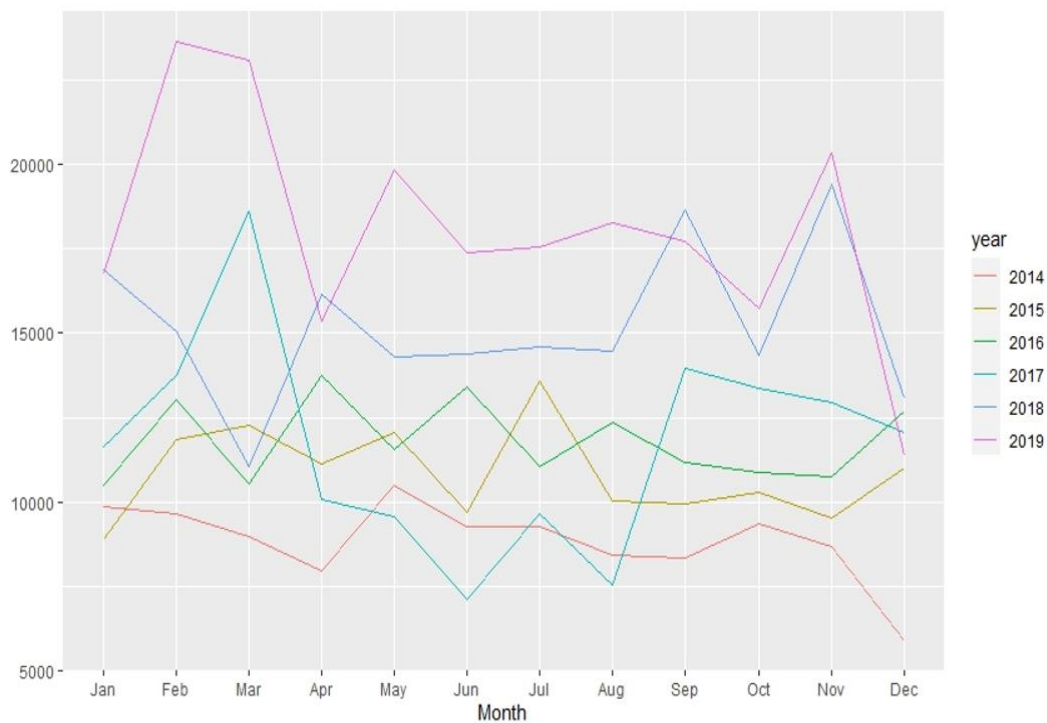


Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Con los datos obtenidos en la figura 14, se observa la parte estacional llamada *seasonal*, con lo que se identificó que la serie posee componente estacional, al igual que la tendencia llamada *trend*, tiene un comportamiento que no oscila alrededor de un valor fijo o constante, y su comportamiento es creciente, por lo que la serie de tiempo también posee el componente de tendencia.

Para validar la estacionalidad de la serie mediante otro gráfico, se utilizó el comando *seasonplot* de Rstudio, obteniendo los siguientes resultados.

Figura 15. **Validación gráfica estacionalidad**



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Con la validación de este ejercicio, no se pudo entender si la serie tiene un componente estacional, por lo que se procedió a utilizar Rstudio para entender este componente.

3.2.2. Incorporando predicciones mediante un modelo matemático

Debido al componente de tendencia se decidió utilizar el método de ARIMA para poder incorporar predicciones mediante un modelo matemático.

En la figura 13, se muestra que la serie no es estacionaria, para comprobar esto se utilizó la prueba de Dickey-Fuller, donde se obtuvo el siguiente resultado.

Figura 16. **Prueba de Dickey-Fuller (estacionariedad)**

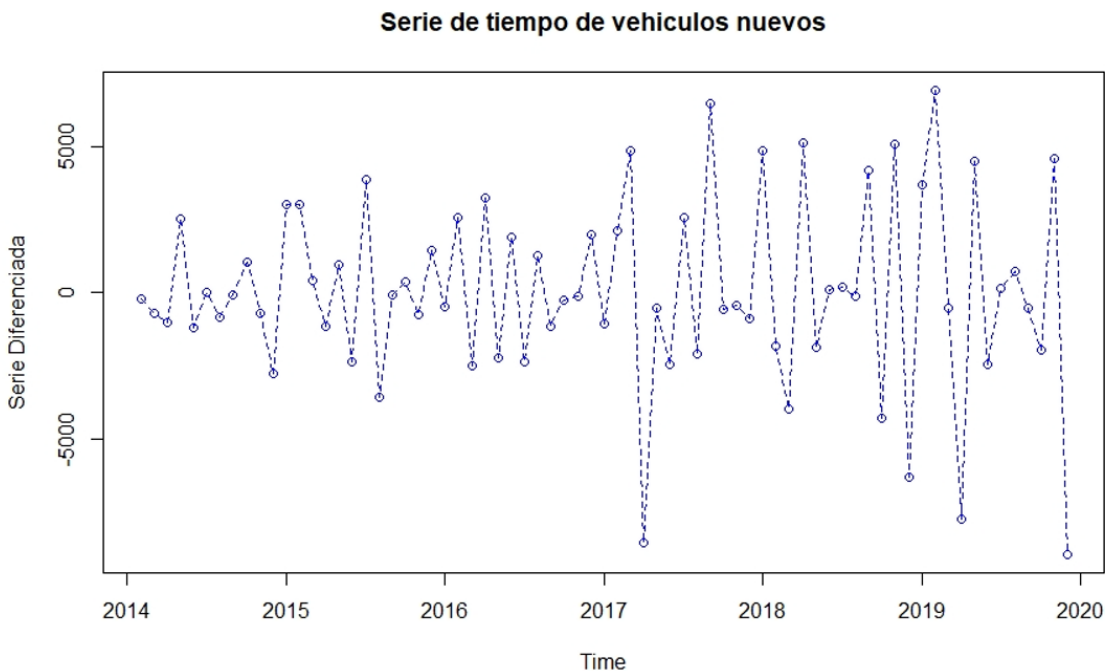
```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: nuevos
Dickey-Fuller = -3.2471, Lag order = 4, p-value = 0.08721
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

La prueba de Dickey-Fuller, a través de la validación de hipótesis, validó que no existe estacionariedad en la serie, debido a que el valor crítico p-value es mayor a 0.05, por tanto, se tuvo que diferenciar la serie para transformar la serie de tiempo en una serie estacionaria.

Obteniendo este resultado se hizo la transformación de los datos o diferenciación de la serie de tiempo, utilizando el comando de R `nsdiffs`, obteniendo el siguiente resultado gráfico.

Figura 17. **Serie de tiempo diferenciada vehículos nuevos.**



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

En el análisis gráfico de la figura 17, se puede notar que, al aplicar una diferenciación de la serie de tiempo, se transformó en una serie estacionaria, y se obtuvo una serie estable, que no varía en media y varianza en el transcurso del tiempo. Por tanto, ya se puede utilizar la metodología ARIMA.

Con la serie estacionaria, se procedió a utilizar la función de Rstudio llamada `auto.arima`, la cual, nos indica el modelo con el menor error y mayor ajuste, como se ve en la siguiente figura.

Figura 18. **Modelo ARIMA**

```

arima(x = nuevos, order = c(0, 1, 1), seasonal = list(order = c(0, 1, 1)))

Coefficients:
      ma1      sma1
    -0.8022  -0.9999
s.e.    0.0940   0.5418

sigma^2 estimated as 5773690:  log likelihood = -554.23,  aic = 1114.46

```

Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

De la figura 18, se obtuvo la mejor combinación de los procesos auto regresivos y de medias móviles. De la forma ARIMA (0,1,1), esta parte es la recomendada por Rstudio para el modelo, y debido al error del modelo, se decidió incluir la parte estacional, para obtener el menor error de predicción y mayor ajuste.

Por tanto, utilizando el modelo encontrado a través de Rstudio, se obtuvieron las siguientes predicciones del año 2020 al 2022.

Figura 19. **Predicción de vehículos importados 2020-2022**

Mes/Año	2,020	2,021	2,022
Jan	18465.96	20106.71	21747.47
Feb	20551.45	22192.21	23832.97
Mar	20139.62	21780.38	23421.13
Apr	18458.79	20099.54	21740.3
May	19011.49	20652.25	22293
Jun	17925.93	19566.69	21207.44
Jul	18659.12	20299.88	21940.64
Aug	17886.6	19527.35	21168.11
Sep	19343.23	20983.99	22624.75
Oct	18382.29	20023.05	21663.8
Nov	19649.96	21290.71	22931.47
Dec	17065.29	18706.05	20346.8

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

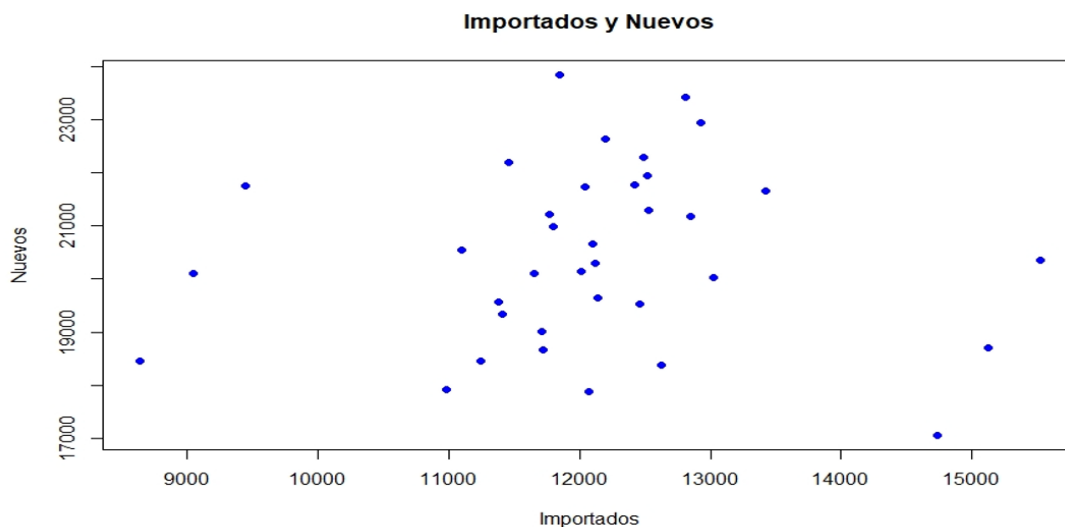
3.3. Objetivo 3: identificar el impacto hasta el año 2022 de la importación de vehículos usados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala, a través de un pronóstico y análisis de regresión y correlación, para generar conocimiento y sea utilizado para proyectos de mejora en la movilidad de las personas

De acuerdo con el tercer objetivo, se desarrolla el análisis de correlación entre los pronósticos generados.

3.3.1. Diagrama de dispersión

En este punto, se hizo el diagrama de dispersión de los datos pronosticados de la importación de vehículos usados, y la venta de vehículos nuevos en Guatemala.

Figura 20. Diagrama de dispersión



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

De la figura 20, se pudo determinar gráficamente que existe una baja correlación entre el pronóstico de los vehículos importados y la venta de vehículos nuevos en Guatemala. Es decir que mientras crece la cantidad de vehículos importados en Guatemala, crece muy ligeramente la venta de vehículos nuevos en Guatemala.

Debido al resultado que se obtuvo del análisis gráfico, se hicieron pruebas formales, para la determinación de la correlación entre ambas variables, por tal motivo, se realizó primero la prueba de normalidad para ambos datos, por medio del test de Shapiro Wilks, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 21. **Prueba Shapiro Wilks pronóstico importados**

```
shapiro-wilk normality test
data: pronostico2022$Importados
W = 0.913, p-value = 0.007888
```

Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Debido al resultado de la prueba de Shapiro Wilks, ver figura 21, para el pronóstico de vehículos importados, se determinó que los datos no son normales.

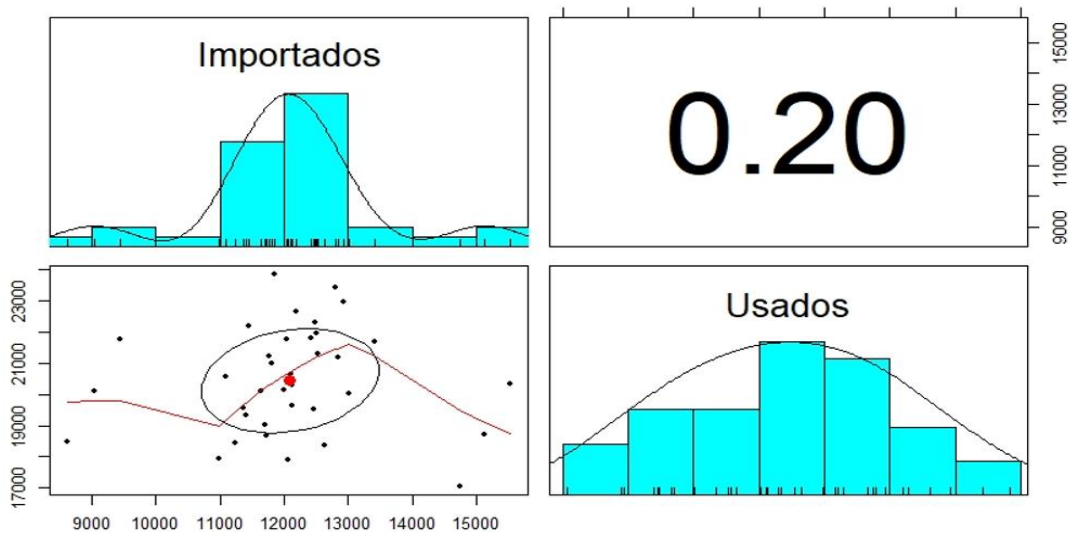
Figura 22. **Prueba Shapiro Wilks pronóstico nuevos**

```
shapiro-wilk normality test
data: pronostico2022$Usados
W = 0.98583, p-value = 0.9163
```

Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

Debido al resultado de la prueba de Shapiro Wilks, ver figura 22, para el pronóstico de vehículos nuevos, se determinó que los datos si son normales. Dado el caso que se tiene una variable con datos no normales y otras variables con datos normales, para entender la correlación que existe entre ambas variables, se usó la prueba de Spearman, para determinar la relación que existe entre ambas variables.

Figura 23. **Prueba de Spearman**



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

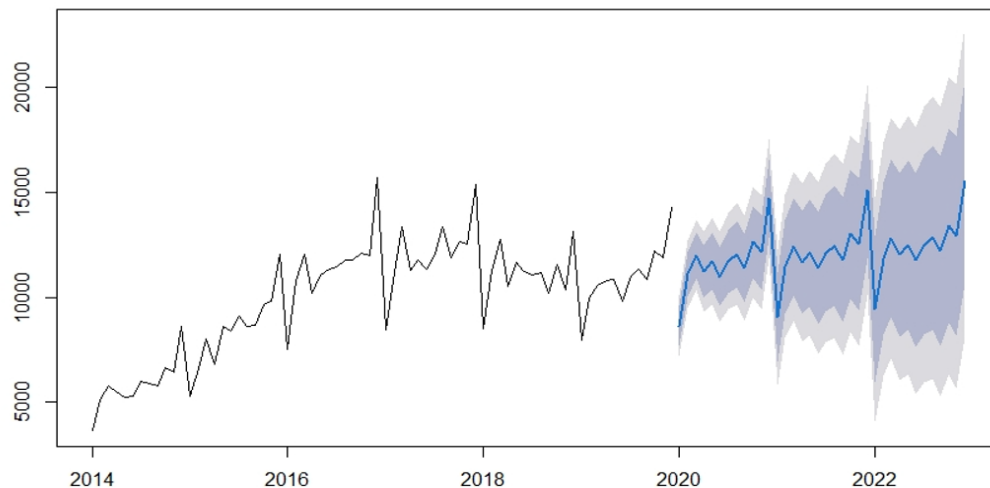
Se empleó la prueba de Spearman, donde se determinó que la relación que existe entre el pronóstico de vehículos importados y el pronóstico de venta de vehículos nuevos es del 0.20, es decir que el comportamiento de los vehículos importados explica solamente el 20 % del comportamiento de la venta de vehículos nuevos.

- Objetivo general: pronosticar el comportamiento de la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, mediante el análisis de la serie de tiempo

A través del análisis de la serie de tiempo, y la descomposición de sus componentes, se identificó que la tendencia y la estacionalidad para la serie de tiempo de tanto de la importación de vehículos usados, como para la venta de vehículos nuevos en Guatemala, se debían integrar en un solo modelo, por lo tanto, se decidió realizar la metodología ARIMA, que permitió integrar estas componentes.

De acuerdo con las componentes encontradas y la metodología utilizada, se procedió a pronosticar, teniendo los siguientes resultados gráficos.

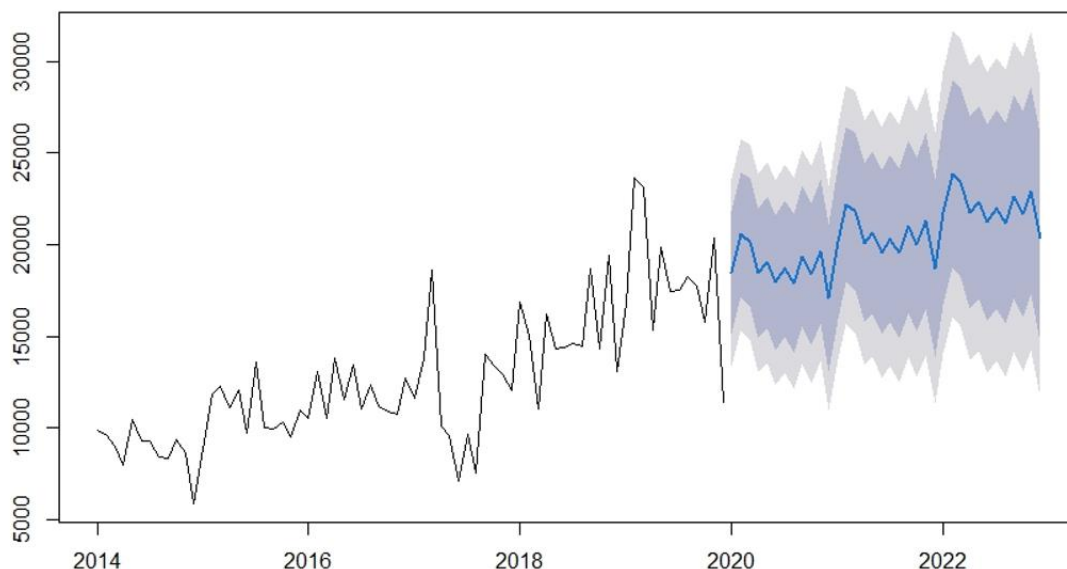
Figura 24. Pronóstico de importación de vehículos usados mediante ARIMA estacional



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

En la figura 24, se puede observar, el pronóstico del año 2020 al año 2022, línea color azul, y sus bandas de confianza y predicción marcadas en color gris, para la importación de vehículos usados gráficamente, el modelo permitió pronosticar la tendencia con un leve crecimiento para los próximos años, manteniendo la estacionalidad en diciembre.

Figura 25. Pronóstico de la venta de vehículos nuevos en Guatemala mediante ARIMA estacional



Fuente: elaboración propia, empleando RStudio.

En la figura 25, se puede observar, el pronóstico del año 2020 al año 2022, línea color azul, y sus bandas de confianza y predicción marcadas en color gris, para la venta de vehículos nuevos gráficamente, el modelo permitió pronosticar la tendencia con crecimiento, y una estacionalidad en los meses de febrero y marzo.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis interno de la investigación

La determinación del pronóstico de importación de vehículos y venta de vehículos nuevos en Guatemala se realizó a través de la metodología ARIMA estacional, para obtener el pronóstico de ambas variables, con este pronóstico se determinó el impacto de una variable sobre otra, mediante un análisis de regresión.

4.1.1. Análisis de la serie de tiempo de vehículos importados

La serie de tiempo de importación de vehículos se graficó inicialmente, y se observó gráficamente que no era una serie estacionaria, debido a que el valor de la media no permanecía constante en el tiempo, por tanto, se decidió hacer una prueba formal para determinar si la serie era o no estacionaria, utilizando el estadístico de prueba de Dickey Fuller, donde se obtuvo un P-valor igual a 0.7978, por tanto, se comprobó que la serie no era una serie estacionaria.

Debido a esto, se realizó la descomposición de la serie de tiempo, y se determinó que la serie posee dos componentes, estacionalidad y tendencia, se decidió utilizar la metodología ARIMA para integrar estos dos componentes en un modelo de predicción, del cual se obtuvo pronósticos del año 2020 al año 2022.

Para poder utilizar esta metodología, se realizó una diferenciación de la serie de tiempo, para volverla estacionaria, esto se realizó con las herramientas

estadísticas del *software* Rstudio, en donde se logró definir que las diferenciaciones necesarias para que la serie de tiempo fuera estacionaria fuera una única vez.

4.1.2. Análisis de la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos

La serie de tiempo de venta de vehículos nuevos en Guatemala, se graficó como primer validación, y se observó un comportamiento creciente, esta validación gráfica mostró inicialmente que se trataba de una serie no estacionaria, es decir, que el valor de la media no oscila sobre un valor fijo o constante, por tal razón, se procedió a realizar la validación mediante la prueba formal de Dickey Fuller, obteniendo un P-valor igual a 0.087, por lo que se comprobó que la serie de tiempo no es estacionaria.

Debido a esto se realizó la descomposición de la serie de tiempo y se determinó inicialmente que la serie tiene el componente de tendencia y el componente estacional, por lo que, para integrar estos componentes, se decidió utilizar la metodología ARIMA. De donde se obtuvo un modelo de predicción, de donde se obtuvo el pronóstico del año 2020 al año 2022.

Sin embargo, se hizo la diferenciación de la serie de tiempo para adaptar la serie de tiempo a los requisitos para utilizar la metodología ARIMA.

El modelo ARIMA básicamente tiene mucha utilidad en series con componente de tendencia, sin embargo, en ambas series de tiempo, se tiene el componente estacional, por lo que en la investigación los modelos utilizados fueron ARIMAS estacionales, ya que estos tienen propiedades que permiten analizar ambas componentes e integrarlas de forma conjunta en un modelo

matemático para pronosticar, a diferencia de los demás métodos tienen la limitante de tomar estas componentes y explicarlas de forma individual.

4.1.3. Correlación entre la variable importación de vehículos y la variable de venta de vehículos nuevos en Guatemala

Luego de pronosticar el comportamiento de la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, se analizó primeramente a través de una gráfica de dispersión (ver figura 15), en donde, no se puede concluir ni asumir que existe o no correlación. Por lo que se procedió a realizar una prueba formal para entender mejor la correlación que existe entre ambas variables.

Para poder realizar alguna prueba estadística formal, se validó el supuesto de normalidad de las variables, en donde se encontró, que la variable de vehículos importados tiene un comportamiento no normal, y la variable de venta de vehículos nuevos tiene un comportamiento normal, por tanto, se procedió a utilizar la prueba de Spearman, que nos permite trabajar con datos normales y no normales.

A través de la prueba formal de Spearman se determinó la relación que existe entre la variable de vehículos importados usados y la venta de vehículos nuevos en Guatemala, tienen una correlación baja positiva, en donde el comportamiento de la importación de vehículos explica únicamente el 20 % el comportamiento de la venta de vehículos nuevos, por tanto, es no significativa la correlación existente entre ambas variables.

4.2. Análisis externo de la investigación

La investigación realizada por Figueroa (2018) expone que la importación de vehículos y el crecimiento del parque vehicular en el país obedecen a libre circulación de mercancías y tratados de libre comercio entre países, este estudio sirvió para entender la importancia de esta actividad económica, y como esta actividad económica podría hacer que el parque vehicular crezca de forma desmedida.

La investigación realizada por Garza *et. al.* (2008), enfatiza sobre la primera regla del pronóstico es saber que el pronóstico siempre está equivocado, y entender que el pronóstico está en un rango en el cual podría estar el dato real. Esto sirvió en la investigación para poder elegir el método de realización del pronóstico tomando en cuenta las características de las series de tiempo, para disminuir el error del mismo.

Según la investigación realizada por Gil (2016), define que para la construcción del modelo es necesario utilizar series de tiempo, con un parámetro de tiempo similar. En el planteamiento de esta investigación se tomó de referencia que la variable tiempo fuera homóloga y con una periodicidad igual en todos los datos para poder realizar un pronóstico adecuado.

Según la discusión planteada por Molina y García (2006), indica que una de las variables de interés en el pronóstico es el error de predicción. El objetivo de este estudio no era hacer la comparativa entre dos métodos para encontrar el mejor modelo, sin embargo, el error de predicción y los niveles de confianza se tomaron en cuenta en este estudio para graficar las bandas de confianza, y saber el error del pronóstico.

En la literatura de Hanke y Wichern (2006) indican el procedimiento para analizar una serie de tiempo, en donde mencionan reiteradamente, la manipulación y limpieza de los datos a estudiar. En este estudio, se procedió a integrar las bases de datos del instituto nacional de estadística, haciendo limpieza de los datos debido a errores e inconsistencias de la base de datos original, utilizando métodos de promedio para limpiar la base de datos.

CONCLUSIONES

1. Se analizó la serie de tiempo de vehículos importados usados, en donde se validó mediante la gráfica y descomposición de la serie de tiempo, que el componente de tendencia y el componente de estacionalidad, existen en la serie de tiempo, y se incorporaron las predicciones realizadas con un modelo obtenido de la metodología ARIMA estacional, el cual integra la componente estacional y de tendencia.
2. Se analizó la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos en Guatemala, en donde se validó mediante la gráfica y descomposición de la serie de tiempo, que el componente de tendencia y el componente de estacionalidad, existen en la serie de tiempo, y se incorporaron las predicciones realizadas con un modelo obtenido de la metodología ARIMA estacional, el cual integra la componente estacional y de tendencia.
3. Se identificó el impacto de la serie de tiempo de vehículos importados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala, obteniendo baja correlación entre las variables, con una baja correlación positiva, donde la importación explica solo el 20 % de la venta de vehículos nuevos en Guatemala.
4. Se pronosticó la importación de la serie de tiempo de vehículos importados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, haciendo el análisis de la serie de tiempo, a través de la utilización de la metodología ARIMA estacional, para integrar la componente estacional y de tendencia de ambas series.

RECOMENDACIONES

1. Analizar las series de tiempo con una periodicidad mensual inicialmente de forma gráfica para identificar patrones o componentes clave que puedan orientar el uso de las metodologías de regresión lineal, autorregresivas o de medias móviles, para encontrar si la metodología sigue siendo ARIMA, o se utiliza una nueva en función del comportamiento y las componentes de la serie.
2. Comparar mediante dos o más metodologías de realización de pronósticos, con una periodicidad anual, para que el modelo tenga mejor ajuste y menor error de predicción, y se logré disminuir el ancho de las bandas de predicción y mejorar la certeza del pronóstico.
3. Validar los supuestos estadísticos en la realización de pronósticos para utilizar las herramientas paramétricas o no paramétricas adecuadas para la realización de los distintos análisis estadísticos que sirven para realizar comparaciones entre distintas variables.
4. Hacer la limpieza de las bases de datos a utilizar antes de generar el pronóstico de la serie de tiempo para evitar sesgos y una mala precisión y mejorar certeza del pronóstico, escogiendo la metodología adecuada en función del comportamiento de la serie de tiempo y las componentes que integran la serie de tiempo.

REFERENCIAS

1. Aneiroz, G. (2008). *Series de tiempo*. España: Universidad de La Coruña.
Recuperado de <http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP/MATERIALESMaster/Tema1.pdf>.
2. Antúnez, C. (26 de octubre, 2011) Análisis de series de tiempo [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.eumed.net/ce/2011a/chai.htm>.
3. Arza, V. (abril, 2011). El Mercosur como plataforma de exportación para la industria automotriz. *Revista Cepal*, 103, 22-26.
4. Asociación Bancaria de Guatemala (2019). *Informes 2019 sector automóviles*. Guatemala: Autor.
5. Cámara de Comercio de Guatemala (2019). *Guía para importar*. Guatemala: Autor.
6. Carrasco, A. (2009). *Infraestructura vial nacional asociada a la competitividad* (Tesis de maestría). Universidad de Piura, Perú.
Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1990/MAS_ICI_V-L_007.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

7. Cohen, R. (25 octubre, 2019) Pronósticos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://docplayer.es/42912511-Gestion-de-recursos-fi-uba-pronosticos-ing-roger-cohen.html>.
8. Decreto 132-96. Ley de tránsito de Guatemala. Diario de Centro América. Guatemala. 23 de diciembre de 1996.
9. Desastres y Sociedad. (junio, 1996). Predicciones, pronósticos, alertas y respuestas sociales. *Revista semestral de la red de estudios sociales en prevención de desastres en América latín*, (6), 100-110.
10. Figueroa, L. (2018) *El impacto ambiental del parque vehicular e importación de vehículos en Guatemala*. Guatemala: IEEE.
11. Garrido, R. (s.f). *Normativa vigente IRI, tipos de singularidades, instrumentos, precisiones y cálculo de multas*. Colombia: Autor. Recuperado de <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Normativa%20vigente%20IRI.pdf>.
12. Garza, R., Madrigal, S., Ozdemir, D. y Villareal, C. (2008). *Pronóstico de las ventas de vehículos subcompactos*. México: Autor. Recuperado de https://www.academia.edu/2814496/Pron%C3%B3sticos_de_las_Ventas_Nacionales_de_Veh%C3%ADculos_Subcompactos.
13. Gavelan, J. (julio, 2014). Costos de importación. *Revistas de investigación UNMSM*, 1-7, 20-22.

14. Hanke, J. y Wichern, D. (2006). *Pronósticos en los negocios*. México: Editorial Pearson. Recuperado de: https://www.academia.edu/36280615/HANke_Wichern.
15. Jiguan, B. (18 de octubre, 2019). Se duplicará la inversión en infraestructura vial. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/se-duplicara-la-inversion-en-infraestructura-vial/>.
16. Jiménez, J. (2006). *La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turístico*. España: Universidad de Almería. Recuperado de https://www.academia.edu/47011521/La_capacidad_predictiva_en_los_m%C3%A9todos_Box_Jenkins_y_Holt_Winters_una_aplicaci%C3%B3n_al_sector_tur%C3%ADstico.
17. Lacayo, M. y Juárez, J. (s.f.). *La importación de vehículos usados y su repercusión en el parque vehicular, emisiones de dióxido de carbono en México*. México: Autor.
18. Laguna, C. (2014). *Correlación y regresión línea*. España: Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. Recuperado de: <https://www.academia.edu/39203766>.
19. Molina, J. y García, J. (2006). *Técnicas de análisis de datos*. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de: https://www.academia.edu/40227569/T%C3%89CNICAS_DE_ANALISIS_DE_DATOS_APLICACIONES_PR%C3%81CTICAS_UTILIZANDO_MICROSOFT_EXCEL_Y_WEKA.

20. Montemayor, J. (2013). *Métodos de pronósticos para negocios*. México: Tecnológico de Monterrey. Recuperado de: <http://prod77ms.itesm.mx/podcast/EDTM/P196.pdf>.
21. Pulido, H. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México: Editorial Mc Graw Hill. Recuperado de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseño_experimentos.pdf.
22. Rogers, N. (2017). *Tendencias en la Industria Automotriz, área de desarrollo*. México: Autor.
24. Rojas, A. (25 de octubre, 2019). Pronósticos de costos. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://docplayer.es/21405705-Rojas-diaz-alberto-pronostico-de-costos.html>.
25. Thomson, I. y Bull, A. (junio, 2001). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicos y sociales. *Revista Cepal, División de recursos naturales e infraestructura*, 25-33.
26. Vera, V. D. (marzo, 2016). Pronóstico de la demanda mensual de electricidad con series de tiempo. *Revista EIA*, 13(26), 111-120. Recuperado de <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/749>.
27. Walpole, R. y Myers, S. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Editorial Pearson.

APÉNDICES

Apéndice 1. Código de R para pronóstico de importación de vehículos

```
##### MODELOS SARIMA ##### componente estacional
##### ARIMA (p,d,q), (P,D,Q) Componente estacional de cada parte.
##### m *representa el periodo de tiempo en los que se tienen los datos

BDF
data_fcst

#### Test de Dicky Fuller, es para demostrar si hay
#### o no hay estacionariedad

adf.test(data_fcst)

#### como el P valor, es mayor a 0.05 entonces
#### no es estacionaria

#### numero de diferenciaciones para el modelo

nsdiffs(data_fcst)

#### nos presenta una 1 diferencia \

#### Coeficiente de correlacion.

acf(data_fcst)
pacf(data_fcst)

par(mfrow=c(1,1), mar=c(4,4,4,1)+ .1)

model=auto.arima(data_fcst, stepwise = FALSE, approximation = FALSE)
model

residuales=resid(model)
plot(residuales)
adf.test(residuales)

pronos=forecast(model, h=36)
pronos
view(pronos)
ggseasonplot(data_fcst)
```

Fuente: elaboración propia, empleando Rstudio.

Apéndice 2. Código de R para pronóstico de venta de vehículos nuevos en Guatemala

```
BDF
nuevos <- ts(BDF$`Venta vehículos Nuevos`, frequency = 12, start = 2014)
view(nuevos)

#### prueba de dicky fuller (no es una serie estacionaria)

adf.test(nuevos)

#### calcular entonces por diferencias.

seriedifnuevos=diff(nuevos)
seriedifnuevos
plot(seriedifnuevos, type="o", lty="dashed", col="blue", main="Serie de tiempo de vehiculos nuevos")

adf.test(seriedifnuevos)

#### validacion de numero de diferenciacion
dfff=ndiffs(nuevos)
plot(dfff)

seriedif1=diff(nuevos)
seriedif1
plot(seriedif1, type="o", lty="dashed", col="blue", main="Serie de tiempo de vehiculos nuevos", ylab="Serie Diferenciada")

####funcion de autocorrelacion y autocorrelacion parcial
par(mfrow=c(2,1), mar=c(4,4,4,1)+ .1)
acf(seriedifnuevos) ##### numero de medias moviles
pacf(seriedifnuevos) ##### numero de autoregresiones

#### ARIMA modelo ####

pronos2=auto.arima(nuevos)
pronos2

modelo2.0=arima(nuevos, order = c(0,1,1), seasonal = list(order=c(0,1,1)))
modelo2.0
modelo2.0$coef
|
pronostico2.0<-forecast(modelo2.0, h=36)
pronostico2.0
plot(pronostico2.0)
```

Fuente: elaboración propia, empleando Rstudio.

Apéndice 3. Matriz de coherencia parte 1

PRONÓSTICO DE LA IMPORTACION DE VEHICULOS USADOS Y VENTA DE VEHICULOS NUEVOS EN GUATEMALA		
PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
PROBLEMA PRINCIPAL	PREGUNTA GENERAL	GENERAL
Carencia de informes integrales	¿Cuál es el modelo matemático que permite predecir el comportamiento que tendrá la importación de vehículos usados y venta de vehículos nuevos en Guatemala?	Desarrollar un modelo matemático mediante un análisis de regresión y correlación para predecir el comportamiento de la importación de vehículos usados y venta local de vehículos nuevos en Guatemala
PROBLEMA SECUNDARIO	PREGUNTAS SECUNDARIAS	ESPECIFICOS
01. Importación de vehículos usados	01. ¿Cuál es la tendencia que tomará la importación de vehículos usados del año 2019 al 2022?	01. Presentar la tendencia de vehículos importados usados mediante gráficos para situar la información de forma visual.
02. Venta de vehículos nuevos en Guatemala	02. ¿Cuál es la tendencia que tomará la venta de vehículos nuevos del año 2019 al 2022?	02. Presentar la tendencia de venta de vehículos nuevos mediante gráficos para situar la información de forma visual.
03. Impacto de importación sobre venta local	03. ¿Cómo afectará la importación de vehículos usados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala?	03. Identificar el impacto a través de un pronóstico de los próximos 3 años de la importación de vehículos usados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala para la justificación de proyectos de mejora en la movilidad de las personas.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 4. Matriz de coherencia parte 2

PRONÓSTICO DE LA IMPORTACION DE VEHICULOS USADOS Y VENTA DE VEHICULOS NUEVOS EN GUATEMALA		
RESULTADOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
1. Se realizó la descomposición de la serie de tiempo, y se determinó que la serie posee dos componentes, estacionalidad y tendencia, se decidió utilizar la metodología ARIMA de orden (2,1,0) (0,1,1) [12]	Se pronostico la importación de la serie de tiempo de vehículos importados y venta de vehículos nuevos en Guatemala, haciendo el análisis de la serie de tiempo, a través de la utilización de la metodología ARIMA estacional, para integrar la componente estacional y de tendencia de ambas series	Hacer la limpieza de las bases de datos a utilizar antes de generar el pronóstico de la serie de tiempo para evitar sesgos y una mala precisión y certeza del pronóstico.
2. Se realizó la descomposición de la serie de tiempo, y se determinó que la serie posee dos componentes, estacionalidad y tendencia, se decidió utilizar la metodología ARIMA de orden (0,1,1)(0,1,1) [12]	Se analizó la serie de tiempo de vehículos importados usados, en donde se validó mediante la gráfica y descomposición de la serie de tiempo, que el componente de tendencia y el componente de estacionalidad, existen en la serie de tiempo, y se incorporaron las predicciones realizadas con un modelo obtenido de la metodología ARIMA estacional, el cual integra la componente estacional y de tendencia	Analizar las series de tiempo inicialmente de forma gráfica para identificar patrones o componentes clave que puedan orientar el uso de las metodologías de regresión lineal, autorregresivas o de medias móviles
3. se determinó que la relación que existe entre el pronóstico de vehículos importados y el pronóstico de venta de vehículos nuevos es del 0.20, es decir que el comportamiento de los vehículos importados explica solamente el 20% del comportamiento de la venta de vehículos nuevos	Se analizó la serie de tiempo de venta de vehículos nuevos en Guatemala, en donde se validó mediante la gráfica y descomposición de la serie de tiempo, que el componente de tendencia y el componente de estacionalidad, existen en la serie de tiempo, y se incorporaron las predicciones realizadas con un modelo obtenido de la metodología ARIMA estacional, el cual integra la componente estacional y de tendencia.	Comparar mediante dos o más metodologías de realización de pronósticos, el modelo que tenga mejor ajuste y menor error de predicción para disminuir el ancho de las bandas de predicción y mejorar la certeza del pronóstico
	Se identificó el impacto de la serie de tiempo de vehículos importados sobre la venta de vehículos nuevos en Guatemala, obteniendo baja correlación entre las variables, con una baja correlación positiva, donde la importación explica solo el 20% de la venta de vehículos nuevos en Guatemala	Validar los supuestos estadísticos en la realización de pronósticos para utilizar las herramientas paramétricas o no paramétricas adecuadas para la realización de los distintos análisis estadísticos.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 5. Validez del modelo

Meses	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos	Importados	Nuevos
1	3.659	9.862	5.279	8.870	7.531	10.495	8.469	11.647	8.474	16.894	7.981	16.798	8.652	18.466	9.049	20.107	9.444	21.747
2	5.104	9.663	6.608	11.867	10.788	13.043	11.177	13.767	11.298	15.050	9.983	23.649	11.100	20.551	11.453	22.192	11.948	23.833
3	5.789	8.970	7.987	12.287	12.049	10.322	13.465	18.690	12.756	11.053	10.574	23.106	12.008	20.140	12.455	21.780	12.809	23.421
4	5.404	7.957	6.813	11.135	11.135	13.771	11.260	10.088	10.533	16.174	10.812	15.358	11.243	18.459	11.649	20.100	12.044	21.740
5	5.242	10.474	8.591	12.090	11.055	11.545	11.752	9.571	11.649	14.388	10.808	19.861	11.714	19.011	12.097	20.652	12.451	22.293
6	5.284	9.252	8.398	9.701	11.548	13.431	11.315	7.098	11.237	14.397	9.817	17.407	10.982	17.526	11.278	19.587	11.772	21.207
7	6.015	9.271	9.109	13.575	11.431	11.063	12.031	9.637	11.090	14.597	11.023	17.542	11.720	18.659	12.119	20.300	12.513	21.941
8	5.875	8.429	8.583	10.010	11.759	12.339	13.340	7.525	11.157	14.477	11.322	18.270	12.065	17.887	12.656	19.527	12.851	21.988
9	5.789	8.331	8.676	9.922	11.751	11.063	11.871	13.983	10.177	18.651	10.875	17.740	11.407	19.343	11.802	20.984	12.196	22.625
10	6.655	9.365	9.680	10.200	12.123	10.893	12.631	13.391	11.535	14.941	12.221	15.754	12.606	18.382	13.022	20.023	13.417	21.684
11	6.424	8.655	9.794	9.527	12.006	10.750	12.566	11.940	10.366	15.422	11.871	20.336	12.133	19.650	12.527	21.251	12.922	21.931
12	8.629	5.882	12.036	10.985	15.734	12.714	15.397	12.057	13.151	13.065	14.272	11.289	14.734	17.065	15.109	18.706	15.523	20.347
TOTAL	69.889	106.111	101.534	130.219	137.787	141.729	145.154	148.334	133.424	182.489	131.579	217.170	140.383	225.540	145.095	245.229	148.831	264.918

$$ECM_{\text{importados}} = 653 \quad ECM_{\text{nuevos}} = 0.0488$$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

ANEXOS

Anexo 1. Obsolescencia programada

LA OBSOLESCENCIA PROGRAMADA

¿Que es?

La obsolescencia programada es la planificación o programación del fin de la vida útil de un producto de modo que tras un periodo de tiempo calculado de antemano por el fabricante o por la empresa durante la fase de diseño de dicho producto o servicio, éste se vuelve obsoleto, no funcional, inútil o inservible.

En mi opinión la obsolescencia es un metodo, con el cual las empresas ganan mas dinero ya que acaban con la vida de los productos que han fabricado ellos sabiendo que pueden durar mas para que el consumidor de estos vaya comprando y tirando

Las preguntas que nos hacemos todos:

¿Que efectos produce?

¿Por que hacen esto las empresas?

¿Por qué los productos electrónicos duran cada vez menos?



Fuente. ISSUU (2014), *Obsolescencia programada*. Consultado el 20 de mayo de 2022.

Recuperado de https://issuu.com/manuel98/docs/obsolescencia_programada.