TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Culiacán

TITULACIÓN INTEGRAL

“Estimación y selección de modelos de suavización exponencial para pronosticar el comportamiento del precio de las acciones de empresas emisoras mexicanas listadas, clasificadas en la industria de la aviación”

ALUMNO(A):
Georgitza Caliroy Barrón Pérez

CARRERA:
Ingeniería en Gestión Empresarial

No. DE CONTROL: 15171283

DIRECTOR DE TESIS:
Joel Arturo Sanchez Borboa

Culiacán, Sinaloa 01 de abril de 2025

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

2024 Felipe Carrillo PUERTO

Instituto Tecnológico de Culiacán

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ASUNTO: **Autorización de Impresión**

Culiacán, Sinaloa, 14/02/2025 14:12

C. GEORGITZA CALIROY BARRON PEREZ
PASANTE(S) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL
P R E S E N T E.

De acuerdo con fallo emitido por la Comisión Revisora Integrada por:

		Cédula Profesional
Presidente:	Doctorado en Administración **Joel Arturo Sánchez Borboa**	12240161
Secretario:	Licenciada en Administración y Finanzas **Ana Josefina Fajardo López**	5133294
Vocal:	Licenciatura en Administración y Finanzas **María Guadalupe Alarcón Inzunza**	9849499

Y considerando que reúne los requisitos establecidos en la Opción: **TITULACIÓN INTEGRAL: TESIS PROFESIONAL "ESTIMACIÓN Y SELECCIÓN DE MODELOS DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL PARA PRONOSTICAR EL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DE LAS ACCIONES DE LAS EMPRESAS EMISORAS MEXICANAS LISTADAS, CLASIFICADAS EN LA INDUSTRIA DE LA AVIACIÓN"**, damos a usted nuestra autorización para que proceda a imprimir su trabajo profesional.

Sin otro particular, quedo de usted.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®

EDUCACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CULIACÁN
DEPARTAMENTO DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

LIC. CONCEPCIÓN MENDOZA ROSALES
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



AGRADECIMIENTO

Antes que nada, quiero agradecer el apoyo incondicional de mis padres porque ellos han estado a mi lado apoyándome en cada momento, en cada meta que me he propuesto y este proyecto no fue la excepción. Les agradezco por siempre impulsarme a sacar lo mejor de mí, porque gracias a ello me ha sido posible concluir con este proyecto.

Además, quiero aprovechar para agradecer a mi tutor que estuvo guiándome, apoyándome y orientándome en cada paso del proyecto, también le agradezco por compartir de su sabiduría conmigo y tomarse el tiempo para siempre resolver mis dudas por más pequeñas o grandes que fueran, sin él no pudiese podido desarrollar mi proyecto de tesis.

ESTIMACIÓN Y SELECCIÓN DE MODELOS DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL PARA PRONOSTICAR EL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DE LAS ACCIONES DE EMPRESAS EMISORAS MEXICANAS LISTADAS, CLASIFICADAS EN LA INDUSTRIA DE LA AVIACIÓN

RESUMEN

La presente tesis analiza y explora la aplicación de tres modelos de suavización exponencial; simple, doble y triple (Holt Winters) para obtener como resultados pronósticos del valor de las acciones de la empresa Controladora Vuela Compañía de Aviación, S.A.B. de C.V. (Volaris), la cual cotiza en la BMV (Bolsa Mexicana de Valores). Para la realización de este estudio, se utilizó el histórico de precios brindados por la sección *investor relations* (relaciones con inversionistas) de la organización en estudio, durante el período 2013-2024. Periodo durante el cual se estuvo analizando las series de tiempo para descomponerlo en sus diferentes componentes.

El estudio de los modelos de suavización exponencial se abordó con apoyo de la herramienta de software estadístico Eviews, cuyos resultados arrojados permitieron comparar las condiciones de cada modelo, en especial proyectado por el RMSE (*Root Mean Square Error* o Error Cuadrático Medio). En esta investigación se demuestra cómo el modelo de suavización exponencial triple (Holt-Winters), en su modalidad aditivo, arroja un resultado RMSE menor que todos los demás modelos analizados, razón por lo cual los pronósticos para monitorear el precio de las acciones se basan en este modelo seleccionado.

Palabras clave: (modelos de suavización exponencial, BMV, pronósticos).

I.CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

1.2 Antecedentes 3

1.2 Descripción del problema.....4

1.3 Hipótesis o preguntas de investigación 6

1.4 Objetivo general 6

1.5 Objetivos específicos 6

- Determinar el valor del precio de las acciones en periodos futuros**¡Error! Marcador no definido.**

1.6 Justificación.....6

1.7 Alcance.....7

2. FUNDAMENTO TEÓRICO 7

2.1 Estadística.....7

2.2 Probabilidad 9

2.3 Economía 10

2.4 Finanzas..... 11

2.5 Mercado 12

2.6 Teoría de Eficiencia del Mercado..... 13

2.6.1 Grados de la Teoría de Eficiencia de Mercado..... 14

2.7 Mercado Financiero 17

2.8 Activos financieros 18

2.9 Econometría..... 19

2.10 Caminata Aleatoria..... 20

2.11 Serie de Tiempo..... 23

2.11.1 Análisis de Series de Tiempo 24

2.11.2 Estacionalidad, Tendencia, Ruido 26

2.11.3 Método de Suavización Exponencial 27

2.11.4 Suavización exponencial simple 27

2.11.5 Suavización exponencial doble 28

2.11.6 Suavización exponencial triple (Holt-Winters) 29

3 PROCEDIMIENTO 31

4 RESULTADOS 32

4.1 Comportamiento de las acciones en el periodo 32

4.2 Descomposición De La Serie De Tiempo 32

4.3 Predicciones 2025 33

4.3.1 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Doble 33

4.1.2 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) modalidad no estacional 34

4.1.2 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) modalidad Aditivo 35

6 CONCLUSIONES 38

5 COMPETENCIAS DESARROLLADAS 40

1. Fuentes de información 41

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 1 Parámetros de la técnica Suavización Exponencial Simple. 33

Tabla 2 Parámetros de la técnica Suavización Exponencial Doble. 33

Tabla 3 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Suavización exponencial doble). 34

Tabla 4 Parámetros técnica Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) no estacional. 34

Tabla 5 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters no estacional). 35

Tabla 6 Parámetros de aplicación técnica Holt Winters (modalidad aditiva) 35

Tabla 7 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters modalidad aditivo). 36

Tabla 8 Parámetros de la técnica Holt-Winters (modalidad multiplicativa). 36

Tabla 9 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters modalidad multiplicativo). 37

Tabla 10 Comparativo de los resultados del RMSE en todos los modelos. 37

1. INTRODUCCIÓN

En la gestión de las organizaciones, los principios de eficiencia y eficacia son cada vez más populares en su esfuerzo por alcanzar un mejor desempeño. Resulta imprescindible generar estrategias que les permita alcanzar ventajas competitivas que les permitan sobresalir en el mercado, sin importar el sector en el que se encuentren. Es necesario ejercer un apropiado manejo de los recursos de la organización, así como también lograr una apreciación apropiada de la información que favorezca la toma de decisiones. Ante la presencia de un ambiente constante de inseguridad, es necesario que las empresas disminuyan los riesgos en la toma de decisiones, ya sea en todos los niveles. Es necesario modelar lo que sucederá en el futuro (Contreras et al, 2016).

Un pronóstico tiene por objetivo posibilitar la toma de decisiones con respecto al futuro, considerando los riesgos que se estiman y se involucran en la misma. Se matiza la incertidumbre, por lo que se requiere que las instituciones empleen la información disponible de manera adecuada. Las organizaciones no deben basarse en supuestos, con el fin de evitar una mala toma de decisiones. En cambio, deben apegarse a los modelos de realidad de la empresa, y no del entorno en el que se encuentran. La consideración principal al seleccionar un método de pronóstico es facilitar la toma de decisiones de individuos y organizaciones (Contreras et al, 2016).

Por otra parte, Sarmiento afirma que los propietarios de empresa se enfrentan diariamente con el reto de pronosticar a futuro las actividades económicas, abordando aspectos de ventas, inversiones, costos, utilidades, etc., cualquier factor significativo que posibilite la planeación de negocios. En la búsqueda de este propósito, se requiere contar con información confiable y suficiente, relacionada con el aspecto histórico del objetivo a analizar. Con respecto a ello, el análisis de series de tiempo representa una herramienta fundamental para desarrollar pronósticos. En una organización, la información histórica representa una oportunidad para replantear objetivos y planes, así como también evaluar su desempeño. A través del apoyo de diferentes herramientas estadísticas puede aprovecharse la información para pronosticar y planear actividades futuras en diversas áreas de la empresa (financiamiento, contratación, adquisición, producción y producción) (2008).

De acuerdo con Yu et al (2004), fundamentar un pronóstico con un análisis de series de tiempo recibe atención significativa al pretender explorar las tendencias y leyes intrínsecas ocultas en los datos. Las series de tiempo se definen como un conjunto de variables aleatorias durante un intervalo. El hecho de obtener pronósticos precisos en las series de tiempo permite mejorar la implementación de la información que se tiene disponible para elaborar análisis, y con ello realizar la toma de decisiones. Tales técnicas de análisis pueden emplearse para estudiar aspectos como el tráfico vehicular, la elaboración de pronósticos de datos financieros, del clima, el empleo, los recursos, entre muchas otras aplicaciones.

Los análisis de series de tiempo representan una técnica que se relaciona con el estudio de individuos y grupos, los cuales son observados en momentos de tiempo sucesivos. A través de ellos pueden estudiarse relaciones causales entre diferentes variables que cambian a lo largo del tiempo, manteniendo relación entre sí. El análisis es la técnica más importante para desarrollar inferencias con respecto al futuro, predicciones que se basan en la información del pasado y que pueden aplicarse en diversas disciplinas de estudio León, Betancur, James y Grisales (2016).

Por otra parte, Villavicencio establece que las series temporales pueden emplearse en diferentes aéreas como la economía y mercadotecnia, aplicándose a proyecciones de empleo, evolución de índice de precios diversos artículos, beneficios de entidades bancarias e índice de precios del petróleo. En la demografía permiten proyectar habitantes por periodos de tiempo (años) y tasas de mortalidades. En los estudios del medio ambiente es posible proyectar la evolución horaria de elementos en cuidades por diversos años, la temperatura mensual, la cantidad de lluvia en las localidades y la medición de residuos tóxicos presentes en los ríos. También se aplica en áreas de salud y ecología (s.f.)

Este proyecto de investigación desarrolla el análisis de series de tiempo orientadas a analizar y proyectar el comportamiento del precio de las acciones de empresas listadas en la Bolsa Mexicana de Valores, orientadas a brindar servicios de transporte aéreo. Este análisis permitirá al analista tener mayor fundamentación en su toma de decisiones referente a las alternativas de adquisición o venta de las acciones de las aerolíneas, explorando, aplicando y analizados los resultados de los diferentes modelos de suavización exponencial; simple, doble y triple (Holt Winters).

1.2 Antecedentes

Las operaciones de compra y venta de instrumentos como contratos de futuros, bonos, acciones, etc. se llevan a cabo en la bolsa de valores. Existen en México dos bolsas: la BMV (Bolsa Mexicana de Valores) que opera desde el año de 1985, y BIVA (Bolsa Institucional de Valores), la cual inició operaciones en 2018. Los intercambios o negociaciones entre los actores se realizan en base a los precios de los activos que se cotizan. El estudio del comportamiento del mercado es analizado por los inversionistas que participan en la misma, realizando con su conocimiento transacciones estratégicas (Bolsa Mexicana de Valores, 2021).

Aunque la perspectiva convencional estima que la BMV es solamente un espacio de compra y venta de acciones, hoy en día se debate ante perspectiva *embededness*. Desde este punto de vista, los fenómenos económicos son dominados en estructura y prácticas sociales, interviniendo así factores culturales y sociales que no son considerados exógenos, sino que forman parte de la realidad económica, según (Gomez, 2008) También se representa en la BMV los "Índices de actividad económica del rendimiento total de la Bolsa Mexicana de Valores", los cuales manifiestan cómo se comportan los sectores primario, secundario y terciario del mercado accionario.

La más directa modalidad de proactividad del mercado de valores en México, como en el resto del mundo, se da a cabo debido a la oferta al estimular nuevas distinciones de gobierno corporativo solicitados para la difusión de acciones y títulos como expresa (Gomez, 2008). Las elasticidades de la oferta y demanda indican por otra parte, el comportamiento de los productores y compradores frente a la valoración del precio de productos y servicios. Representan apoyo para que los empresarios fijen los precios de bienes y servicios (Barrera y Chalita, 1988), como también son una base para que los funcionarios públicos realicen una evaluación diseño (Vázquez, González y Espinoza, 2009).

Existen diversos investigadores que realizan estudios empleando métodos de pronósticos, por ejemplo, para predecir el precio del trigo empleando métodos de análisis de series de tiempo. Algunos métodos son regresión lineal, promedios móviles simples, suavización exponencial simple, doble y modelos Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). Los métodos utilizados por (Boken, 2000) se comprenden de regresión lineal, promedios móviles simples, Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial Doble y modelos Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). Por otro lado,

investigadores como Kumar-Sahu y Kumar 2013) se dedicaron a emplear métodos de suavización exponencial simple, suavización exponencial doble, método de Naïve y promedios móviles para pronosticar la venta de leche en la India.

Tales métodos de pronósticos pueden aplicarse también para predecir el precio de acciones de aerolíneas. En nuestro país, la industria de las aerolíneas mexicanas se considera un sector que puede ser muy dinámico. Existen en este sector alrededor de 31 organizaciones tanto nacionales como internacionales, en las cuales se encuentran siete aerolíneas las cuales cuentan con dominio en el mercado nacional; Aeroméxico, Aeroméxico Connect (antes Aerolitoral), Calafia Airlines, Magnicharters, TAR, VivaAerobus y Volaris (Flores, 2023).

Aeromar, por su parte, fue una aerolínea que cerró sus operaciones 15 años después de haber ingresado al mercado, debido los problemas financieros y las condicione de operación. Volaris es la única aerolínea mexicana que cotiza en la BMV, la cual se ha sostenido a lo largo del tiempo proyectando liderazgo en el mercado. Su mayor competencia es Viva Aerobús, contando con 29 rutas (Munguía 202). Mexicana de Aviación inició operaciones el día 26 de diciembre de 2023, después de 13 años de estar fuera del mercado, debido a su quiebra en 2010 (Paredes, 2023).

Con la aplicación de los modelos Brown (1956) se pueden realizar pronósticos futuros se ajusten más a la realidad. Al emplear el pronóstico se determina al mejor modelo, siendo aquel que consiga reducir las pérdidas y el riesgo. La selección del modelo ideal de pronóstico requiere la búsqueda del método de evaluación que aumente la eficiencia de la organización, así como a su vez su eficiencia en el mercado de bienes.

1.2 Descripción del problema

La evaluación de los pronósticos por medio de la metodología estadística y el análisis de prueba de error se han considerado como relevantes en la actualidad. Los pronósticos se han convertido en una parte clave para la planificación de las empresas, gracias a ellas logran disminuir la incertidumbre y les permite realizar una mejor toma de decisiones en el ámbito empresarial. Por otro lado, para los nuevos inversionistas de la bolsa de valores, la realización de estos análisis con apoyo de las herramientas básicas puede apoyarlos a la obtención de grandes beneficios, al facilitar su toma de decisiones a la hora de la compra y

venta de acciones. Existen diversos modelos de pronósticos, entre ellos se encuentran las series de tiempo, las correlacionales, las de estacionalidad, etc. (Valdivia, 2016).

Valdivia (2016) manifiesta que el problema más grande que se presenta al emplear los modelos de pronósticos consiste en determinar si las cantidades señaladas en el pronóstico son las que en realidad deben elaborarse. Es de relevancia el considerar qué pronóstico debe contar con un alto nivel de seguridad. En el caso de las organizaciones de producción es indispensable la realización de una planificación eficiente, esto debido que al presentarse diferencias significativas entre lo pronosticado y la realidad, causará ineficiencia y disminuirá los rendimientos de la organización. Por ello se necesita de una mayor exactitud y se gestiona la implementación de una metodología científica.

La industria aérea es catalogada como la división de servicios con el mayor grado de intangibilidad, además que se distingue entre las demás industrias por tener una gran competencia, según (Gómez & Vargas, 2020). Las empresas en la industria de la aviación han tenido significativos cambios en el precio de sus acciones en el último periodo, dado a los cambios que han surgido en México en el ambiente económico y cultural. Además de los eventos políticos que se han presentado y las relaciones políticas que existen con otros países. Por ello solo existe una empresa cotizando en la BMV que es Concesionaria Vuela Compañía de Aviación, S.A.P.I. de C.V.

La aerolínea mexicana ha cotizado en la bolsa desde el año 2013. En la actualidad, se conoce que en febrero de 2024 presentó una disminución anual del 13% en el tráfico de pasajeros durante el mes de enero, al transportar solo a 2.5 millones, según (Martinez, 2024) Esto refleja como su tráfico nacional se redujo a un 20.3%, el cual pudo compensar por un alza (12.6%) en los vuelos internacionales. Además, cabe destacar que debido a la revisión de los motores de sus aeronaves Airbus, la aerolínea Volaris no ha operado al máximo de su capacidad desde septiembre de 2023 y la cifra que obtuvo en enero es la primera reducción de doble dígito que ha tenido la compañía durante su trayectoria.

Por lo que es relevante la realización del estudio del pronóstico que obtendrá en el año 2025 para que la empresa pueda tomar decisiones estratégicas y evitar los daños colaterales que se obtuvieron en enero 2024. Con la planificación estratégica de la empresa se pretende que obtenga mayores rendimientos en la bolsa, favoreciendo también la coordinación de funciones. Sin importar el método, el poder obtener un

pronóstico detallado y de considerable exactitud es primordial, dado que de él parte las decisiones futuras en general (Guardia, 2012).

1.3 Hipótesis o preguntas de investigación

El método de pronóstico más apropiado para la serie de tiempo señalada es el de suavización exponencial simple, al permitir con su herramienta gráfica presentar la inexistencia de factores de estacionalidad o tendencia.

1.4 Objetivo general

Pronosticar el precio de las acciones de una empresa emisora mexicana clasificada en la industria de la aviación empleando diversos modelos de suavización exponencial para seleccionar el más adecuado.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar y descomponer las series de tiempo para identificar factores de tendencia y estacionalidad en un periodo definido.
- Proyectar, de acuerdo con los modelos propuestos, las estimaciones pertinentes que formen parte de pronósticos formales basados en metodología científica.
- Estimar e identificar los modelos de suavización exponencial más adecuados, de acuerdo con la información histórica.
-

1.6 Justificación

El desarrollo de temáticas interdisciplinarias permite involucrar la participación de maestros especializados, así como también de alumnos aplicados en las líneas de investigación propias de la carrera. El progreso de la investigación es uno de los aspectos que el Departamento de Ciencias Económicas y Administrativas (el cual maneja la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial) encuentra más críticos, pues impacta directamente los criterios de acreditación. El desarrollo de producción académica en las áreas de investigación es considerado desde hace tiempo un área de oportunidad, ya que se ocupa mayor producción académica.

A través del desarrollo de la propuesta de investigación, el docente y los estudiantes pueden explorar temas relacionados con asignaturas de su carrera, y que son potencialmente convenientes

fortalecerlos para el desarrollo de su ejercicio profesional; Fundamentos y Taller de Investigación, Ingeniería Económica, Economía Empresarial, Macroeconomía, Probabilidad y Estadística descriptiva, Estadística Inferencial I, Estadística Inferencial II, Finanzas en las organizaciones, Gestión Estratégica y entre otras.

Por otra parte, este ejercicio también sirve de base para que el alumnado se familiarice con las temáticas y técnicas que brindan solidez a una formación posterior en el área de la ciencia de datos, la cual puede consolidarse en su especialidad de "Innovación y Desarrollo de Negocios de Base Tecnológica". Para el inversionista de negocios, este documento puede emplearse como una guía u orientación basada en métodos universales y científicamente válidos para desarrollar pronósticos bursátiles, mejorando así la toma de decisiones. Más importante aún resulta acercar a los docentes y alumnos a consolidar las bases y pilares de las metodologías de la ciencia de datos.

1.7 Alcance

La presente investigación pretende recopilar los datos históricos del precio de las acciones de una aerolínea mexicana, con el propósito de brindar predicciones del comportamiento de éstas en periodos futuros. Tales estimaciones se encuentran basadas en modelos de suavización exponencial con prueba y error, lo que perimirá una toma de decisiones fundamentadas a los inversionistas. Se analizan y se emplean los modelos de suavización exponencial simple, doble y triple, estos últimos en las modalidades no estacional, aditivo y multiplicativo.

Se desarrolla un análisis de modelos y pronósticos para el año 2025, facilitando la comparación de resultados obtenidos enfocados en la medida del RMSE. Los resultados se encuentran sujetos a la información compartida por parte del área de relaciones con inversionistas e impactados por las circunstancias características de la geopolítica y la macroeconomía, entre otros factores ambientales

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Estadística

La estadística es la ciencia de los datos, la cual implica su recolección, clasificación, síntesis, organización, análisis e interpretación, para la toma de decisiones frente a la incertidumbre, según Ángel (2000). Es una rama de la matemática que trabaja en conjunto con diferentes técnicas y metodologías para

realizar la recolección y organización de datos. Con la finalidad de facilitar el análisis e interpretación de los datos en conjunto, lo que es un apoyo en el manejo de volúmenes grandes de información para obtener resultados y conclusiones.

De acuerdo con Villegas (2019) la estadística se define como un conjunto de procedimientos que reúnen, miden, clasifican, computan, analizan y resumen información numérica que fue adquirida de manera sistemática. El área de estudio de la estadística se divide generalmente en dos grandes áreas: a) Estadística Descriptiva o Deductiva y, b) Estadística Inferencial o Inductiva. La estadística descriptiva o deductiva describe y analiza un grupo determinado. Un conjunto de datos se recolecta, se presenta y se caracteriza un conjunto de datos para describir las diferentes características o atributos de estos. Los estudios son descriptivos solamente cuando los datos se analizan y se describen.

Por otra parte, la estadística inductiva o inferencial) se fundamenta con la teoría y el cálculo de probabilidad, permitiendo obtener estimaciones y/o predicciones de un conjunto de información a partir de datos muestrales. Su objetivo es inferir conclusiones importantes acerca de una población en base a una muestra representativa. La inferencia no es exacta, por ello es necesario tomar en cuenta considerar las probabilidades para desarrollar conclusiones. También se estructura una muestra de la población representativa, diseñando modelos, inferencias, tendencias y predicciones del comportamiento (Correoso, Chávez, and Puig 2011).

Mientras que, Yale y Kendal (1954), afirman que: “La estadística es la ciencia que trata de la recolección, clasificación y presentación de los hechos sujetos a una apreciación numérica como base a la explicación, descripción y comparación de los fenómenos”. En los casos en los que no es posible la realización de una muestra, es decir, un recuento del número total y características de un conjunto de sucesos, cosas o personas, la estadística se encarga de aplicar técnicas precisas para seleccionar un grupo representativo. Además, permite describir e interpretar la información de una manera más clara y precisa, a través de medidas como es la media, la moda, la mediana o la desviación típica.

La estadística tiene como objetivo realizar el estudio de determinadas magnitudes individuales que aparentemente varían de manera aleatoria en el seno de dicha población (Badii, Castillo, Landeros, & Cortes, 2007). Una de las principales ventajas de esta rama, es que se puede utilizar para todo tipo de estudios,

investigaciones, reportes, análisis de rendimiento por lo que a su vez puede ser un apoyo para todas las áreas, industrias y disciplinas que empleen datos cuantificables. La ventaja de las estadísticas es que pueden aplicarse para todo tipo de estudios, investigaciones, reportes, estudios de mercado, análisis de rendimiento, se emplean para todas las disciplinas, industrias y áreas que empleen datos cuantificables, ya sea que estén orientados a la política, la educación, la investigación, la mercadotecnia y la gestión empresarial, entre otras.

2.2 Probabilidad

Según Laplace (1825), la probabilidad «puede expresarse como una fracción en la que el numerador es el número de casos favorables de un acontecimiento y el denominador el total de casos posibles de dicho acontecimiento». Es definida como un método a través del cual puede obtenerse la frecuencia de un determinado acontecimiento a través del desarrollo de un experimento de carácter aleatorio, acerca del cual se conocen todos los posibles resultados. Se considera que las situaciones son suficientemente estables. La teoría de la probabilidad se emplea ampliamente en áreas como la estadística, la matemática, la física, la filosofía y la ciencia, de tal manera que es posible obtener conclusiones relacionadas con la| probabilidad discreta de diversos sucesos potenciales, y la mecánica subyacente discreta de sistemas complejos. Por lo tanto, es la rama de las matemáticas que se ocupa de medir, determinar los experimentos o fenómenos aleatorios (UNAM, 2015).

Mientras que Carnap (1950) propone una teoría de la probabilidad de tipo inductiva, y afirma que la probabilidad lógica determina una relación de carácter similar a la implicación lógica. De acuerdo con esta teoría, la probabilidad se aplica a los enunciados principalmente y proyecta el grado de conexión lógica que se otorga a una relación entre los enunciados. La teoría de probabilidades tiene como objetivo proporcionar un modelo matemático apropiado para la aplicación de la descripción e interpretación de los fenómenos aleatorios.

Otra forma de describir esta teoría, de acuerdo autor Venn (1888), expresa la teoría frecuencial o también llamada objetiva crítica como el fundamento en el principio de equiprobabilidad de la teoría clásica. Esta teoría interpreta la probabilidad como: «el valor hacia el cual tiende la frecuencia relativa de una secuencia de resultados». Con ello, todo tipo de enunciado probabilístico realiza una afirmación relacionada con la frecuencia relativa con la que sucede un acontecimiento en una serie.

A la distribución de probabilidad se le puede describir como una función con la capacidad de asignación a cada probable valor de (x) una probabilidad de suceder. En todas las áreas de las ciencias precisas, las ciencias sociales y las humanidades, se encuentra una considerable variedad de distribuciones de probabilidad que surgen entre ellas. La distribución normal se presenta frecuentemente, también es conocida como distribución gaussiana, en honra a Carl Friedrich Gauss, él matemático alemán como expresa (Fontanelli & Mansilla, 2021)

La distribución normal queda definida a través de la siguiente fórmula:

$$f(x) = \frac{1}{\int_{2\pi^2}} e \frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma^2}$$

En la ecuación de Carl Friedrich Gauss podemos observar que $f(x)$ expresa una función de densidad de probabilidad y sirve como apoyo en el cálculo de la probabilidad donde variable(x) obtenga un valor entre la secuencia de a y b, como resultado de integrar la función $f(x)$ a través de los límites a y b, como expresa (Fontanelli & Mansilla, 2021) en la ecuación anterior.

2.3 Economía

La economía es la ciencia social que estudia las elecciones que hacen los individuos, las empresas, los gobiernos y las sociedades en su conjunto para enfrentar la escasez, así como los incentivos que influyen en esas elecciones y las concilian según Parkin (2018). Por otro lado, Samuelson & Nordhaus (2010) expresan que “La economía es el estudio de la manera en que las sociedades utilizan recursos escasos para producir mercancías valiosas y distribuirlas entre los distintos individuos”. Ambos autores definen a la economía de mercado como un complejo mecanismo utilizado para la coordinación de personas, empresas y/o actividades a través de un sistema de precios y mercados.

Di Pascale (2023) establece que la economía es la disciplina que analiza la manera en que las sociedades emplean sus recursos, los cuales escasos, para producir bienes valiosos y distribuirlos entre diferentes personas. Analiza cómo se distribuyen estos recursos para satisfacer las necesidades humanas. Estudia su asignación más conveniente en una sociedad para obtener un conjunto ordenado de objetivos. La economía se clasifica como una ciencia social que se encarga de estudiar las elecciones que llevan a

cabo los individuos, las empresas, los gobiernos y las sociedades para enfrentar la escasez, así como también los incentivos que proyectan influencia en las elecciones.

Su objetivo es el estudio de la conducta humana relacionada con la producción, el intercambio y el uso de los bienes y servicios, según expresa Dornbusch (2005). Algunos de los factores que influyen en ella, es el aumento en el impuesto al valor agregado (IVA) al proyectar directamente un efecto en los precios de bienes o servicios, así como al disminuir el impuesto sobre la renta (ISR) en los estratos de mayor ingreso, que benefician en mayor densidad a la riqueza. Otro factor es la exportación en el país, al aumentar sus exportaciones con ello aumenta también su economía.

2.4 Finanzas

Uno de los fundadores de la inversión de valor fue el inversor, escritos y profesor Benjamín Graham (1976). Se le conocía como *The Dean of Wall Street* y el padre del *value investing*. Define las finanzas "como el arte y la ciencia de administrar el dinero". Para él estás comprenden la evaluación de riesgos y sus retribuciones, la toma de decisiones en la inversión basadas en el análisis primordial y la valoración de activos, además de mantener una expectativa a largo plazo en la gestión financiera.

Entre sus principales funciones se encuentra la planificación, dirección y control de los recursos financieros de la organización. Entre otras, también está el de programar y controlar las diferentes inversiones financieras que determine la dirección organizacional. Con ello, es importante destacar el la protección, confiabilidad y consistencia de la administración financiera

Por otro lado, los autores Bodie & Merton (1998) establecen que las finanzas estudian la manera en que los recursos escasos se asignan a través del tiempo. Un principio básico de las finanzas es el de satisfacer las preferencias de consumo de la comunidad, sin exceptuar ninguna de las necesidades básicas. Las organizaciones económicas, las empresas y los gobiernos, tienen por objeto principal el posibilitar el cumplimiento de esa función trascendente. La relevancia de las finanzas reside en su disposición para lograr el crecimiento y desarrollo de las organizaciones, además el de asegurar el equilibrio financiero y el bienestar económico de la comunidad.

Por otra parte, Ferrel O. C. y Geoffrey Hirt, (2010) afirman que el término finanzas hace referencia a todas las actividades que están relacionadas con la obtención de dinero y la eficacia de su uso. Desde la perspectiva de diferentes autores se define como el estudio y el uso de los recursos monetarios, además de la evaluación de los riesgos y la proyección para alcanzarlos los objetivos económicos definidos. Los objetivos de las finanzas son: rentabilizar una organización y con ello maximizar sus beneficios, desempeñar con eficiencia las actividades de control, manejo y desembolso de los valores que la organización administra.

Según Graham & Dodd (2009), “Una operación de inversión es aquella que, después de un análisis cuidadoso, promete la seguridad del capital principal y un rendimiento satisfactorio. Las operaciones que no cumplen estos requisitos son especulativas”. En otras palabras, las finanzas ejercen un papel indispensable en el ámbito empresarial y personal. Son las responsables de permitir la gestión eficaz de los recursos económicos, la maximización de los valores de activos y la estratégica toma de decisiones en principio de inversión y financiamiento. Garantizando una estabilidad financiera a largo plazo, lleva como resultado una sostenibilidad en la estructura financiera, lo que lleva a minimiza riesgos y ratificando la permanencia de las operaciones.

2.5 Mercado

Samuelson y Nordhause (2010) afirman que los mercados son los espacios en los que interactúan los compradores y vendedores, intercambiando bienes y servicios, determinando así los precios. Existen diferentes tipos de mercados como el centralizado, como por ejemplo la Bolsa de Valores. También existe el mercado centralizado como el de la mano de obra. Existen mercados electrónicos como el caso del comercio electrónico en Internet, llamado también *e-commerce.*

Los mercados de activos financieros (acciones, bonos, monedas extranjeras e hipotecas) son algunos de los más importantes. Un mercado se define como un mecanismo a través del cual interactúan compradores y vendedores para determinar precios en el intercambio de bienes y servicios. El autor americano Reid, (1980) define el mercado como "un grupo de gente que puede comprar un producto o servicio si lo desea". Hace referencia al sistema por el que se intercambian bienes y servicios en una economía.

Mientras que desde la perspectiva del economista Mankiw (2012) nos dice que un mercado es "un grupo de compradores y vendedores de un determinado bien o servicio. Los compradores determinan conjuntamente la demanda del producto, y los vendedores, la oferta". Ambos autores coinciden en sus definiciones donde se interrelacionan compradores y vendedores en un mismo lugar, ofertando y demandando. Se han desarrollado métodos que permiten conocer primero lo que las personas necesitan y desean, para después fabricarlo, sin caer en el enfoque tradicional de primero fabricar un producto y después tratar de venderlo en el mercado. Esto lleva al reconocimiento del consumidor, quien es el origen y sustento del negocio, por lo tanto, su satisfacción es la clave de la existencia de una empresa, según Ramos (2017). Permite conocer el concepto de mercadeo, con el objetivo de generar y satisfacer al consumidor.

2.6 Teoría de Eficiencia del Mercado

De acuerdo con Quiroga (2017), un mercado financiero es “informacionalmente eficiente” cuando los precios de los activos que se negocian en él tienen la capacidad de reflejar la información disponible, ajustándose total y rápidamente a la nueva información que pudiera surgir. En un mercado eficiente no es posible predecir la nueva información. Según la hipótesis de esta teoría, los títulos estarían correctamente valorados dada su relación rendimiento-riesgo. Se definen tres niveles de eficiencia de los mercados financieros: eficiencia débil, semi-fuerte o fuerte.

En el estudio de las finanzas, los temas de predicción relacionados con el cambio de precio han sido tópicos relevantes. Un mercado eficiente se caracteriza por ser equitativo, estableciendo que todos los inversores, con especialización o sin ella, tienen acceso y poseen la misma información y, por tanto, también comparten las mismas posibilidades de perder o ganar. En un mercado eficiente el precio de los activos fluctúa aleatoriamente en torno a su valor intrínseco, según Brealey & Myers (1995).

La Teoría del Mercado Eficiente (TME) es una propuesta indispensable en el ámbito de las finanzas. La TME ayuda a descifrar el funcionamiento de los mercados financieros y entender cómo se determinan los precios de los activos. Esta teoría fue desarrollada por el economista Eugene Fama (1960) y desde su desarrollo se ha convertido en una parte central del pensamiento financiero. La economista Fama (1965) expresa que “un mercado es eficiente cuando los precios de los títulos que se negocian reflejan toda la información disponible y se ajustan total y rápidamente la nueva información”. Según Fama, en el ámbito de

la economía, por la competencia entre los distintos participantes que se encuentran en el mercado, existen la probabilidad de lograr ganancias a partir de la información disponible neutralice. Esto provoca que los precios de los activos se ajusten de manera rápida a la información nueva y relevante.

Además, cuando un mercado es eficiente los cambios en los precios de los valores son imprevisibles y por tal motivo se comporta de la misma forma que una caminata aleatoria Gujarati (2003). Es necesario aclarar que la eficiencia del mercado no quiere decir que los inversores que participan en el mercado cuenten con la misma información. Cabe aludir que la completa información pública disponible se encuentra plasmada en los precios de los activos. La hipótesis de los mercados eficientes tiene importantes implicaciones para la teoría financiera, tanto en el contexto de los mercados financieros y las decisiones de los inversores individuales, como en el ámbito de la dirección financiera de la empresa, expresa Brealey & Myers (1995). Las pautas siguientes son idénticas para el concepto de mercado perfecto, lo que significa que un mercado eficiente es también un mercado perfecto. Si un mercado es eficiente, las probabilidades son las mismas que las que tiene una cartera aleatoria. Los inversionistas tienen las mismas probabilidades de perder o ganar.

Identificar un conjunto de condiciones de mercado que beneficia el ajuste de los precios a la información disponible, según la hipótesis de Fama E. (1970). Se refiere, en definido, de condiciones suficientes para confirmar el cumplimiento de la Hipótesis de los Mercados Eficientes:

1. No existen costos de transacción en la negociación o intercambio de títulos.
2. Tienen acceso a toda la información sin ningún costo, y existe disponibilidad en el mercado para todos los participantes.
3. En el mercado todos los participantes coinciden con respecto a las implicaciones de la información para determinar los precios actuales y la manera en que los precios futuros se distribuirán.

2.6.1 Grados de la Teoría de Eficiencia de Mercado

Una economía es eficiente cuando la asignación de recursos y bienes ocurre de tal manera que ninguna otra distribución puede mejorar la posición de cualquier agente sin relegar a otro a una situación menos ventajosa, según Cortés & Corzo (2009). Al crearse una relación entre los conocimientos de precio,

valor e información, surge la Hipótesis de los Mercados Eficientes. La siguiente hipótesis describe la participación entre el valor exclusivo de los activos financieros y su precio.

La Teoría del Mercado Eficiente es conocida en el ámbito económico, también, como la Hipótesis del Mercado Eficiente (HME). Esta teoría se compone de tres grados. En esencia, tales grados se diferencian entre sí en función del significado que se le atribuya al concepto de "toda la información disponible", como expresan Bodie, Kate, & Marcus, (2011). La TME se divide en tres formas o niveles de eficiencia, que reflejan hasta qué punto se considera que la información está reflejada en los precios:

- **Débil**

En primer lugar, por (Hyme P, 2003) se encuentra el grado de eficiencia "débil" en donde las cotizaciones de los títulos reflejan plenamente la información pasada, la cual está contenida en las series históricas de los precios y volúmenes del pasado. Este grado de eficiencia, es el de mayor relevancia para el estudio. Comprende el análisis técnico como el resultado infecundo como método para obtener rendimientos insólitos superiores a los del mercado. Bajo la hipótesis de este tipo de eficiencia, ningún inversor podría obtener rendimientos extraordinarios (superiores al promedio del mercado) analizando la información que las series históricas de precios proyectan.

En el mercado de eficiencia débil no se emplea el análisis técnico basado en el estudio de gráficos de la evolución de precios históricos. Puede llegar a lograr rendimientos superiores al promedio del mercado que no sean resultado del azar, aquellos de los cuales los inversionistas empleen la información pública disponible (hechos relevantes, anuncios, balances periódicos) y/o información privilegiada (Quiroga, 2017). Este nivel considerará que la información histórica de los precios de un activo determina su precio actual. En otras palabras, los análisis técnicos, basados en el estudio de los patrones de los precios del tiempo pasado, no serían favorables en la obtención de beneficios superiores al mercado.

Asumiendo que la información es pública y pueda adquirirse sin incidir en costo, si puede dar indicios sobre el rendimiento futuro de las acciones, tales predicciones perderían en ese momento su valor si son conocidos y/o explotados por la integración de los inversores racionales. En ella, Fama E (1970) define como eficiencia débil de mercado a la imposibilidad de obtener, en el largo plazo, rendimientos más allá de los esperados a través del análisis de los precios del activo financiero. Este grado deja como única posibilidad

para obtener estos resultados, el uso del análisis fundamental o de información privilegiada. A continuación, se presenta la fórmula: donde *xt* es el precio del activo en el tiempo *t*. Esta definición plantea la ausencia de patrones en los precios de los activos, no necesariamente como un equilibrio.

$$E\left[x_{t+1}|x_{1,\ldots,}x_2\right] = x_t$$

- **Semifuerte**

El siguiente nivel de eficiencia de mercado señalado por Fama E (1970) es la eficiencia semi-fuerte, este es aquel en el que sus precios reflejan toda la información histórica y pública disponible. Su hipótesis establece que ningún inversionista puede conseguir un rendimiento superior al promedio del mercado en base a los análisis de series históricas de precios, balances, proyecciones de variables macroeconómicas y demás información de dominio público. El dinero y el tiempo que se invierte al realizar un análisis fundamental para obtener el valor intrínseco de un activo no tiene fundamento en un mercado con eficiencia semi-fuerte, en caso de no contar con información privilegiada. Este último es un recurso importante para lograr rendimientos extraordinarios (Quiroga, 2017),

En este nivel describe que ni los precios de los activos ni el análisis primordial son capaces para la obtención de rendimientos mayores a los del mercado, de forma sistematizada. En el proceso de desarrollo de pruebas para este grado de eficiencia es necesario realizar conjeturas sobre la distribución de los rendimientos de mercado o sobre su interacción en conjunto con la información. Esto significa hacer conjeturas sobre la distribución de las alteraciones del modelo. La fórmula correspondiente a esta forma sería la siguiente (Hyme, 2003):

$$E\left[r_i|F_t\right] = E\left[r_f + \beta\left(r_m - r_f\right) + \varepsilon_i|F_t\right] \qquad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Donde se considera, que los rendimientos de un activo se definen por su susceptibilidad a la ganancia, al riesgo de mercado, β, y por la tasa de interés libre de riesgo de crédito, *rf.* Se da por establecido que cualquier desviación sobre esta línea de mercado será producto de una alteración, la cual se considera que puede provenir de una variable aleatoria normal con media cero y varianza constante. Sobre esta línea de investigación también se pueden encontrar modelos como el APT, el cual pretende detectar factores de riesgo, F_i, que afecten a los rendimientos de mercado., según Fama E (1970).

- Fuerte

En último lugar de la hipótesis de los grados de Fama E (1970), se encuentra ubicado el grado de eficiencia “fuerte”. En este grado se propone que los precios de las acciones de una empresa muestran su información fundamental, la cual se conforma de aquella a la que sólo tienen acceso sus miembros internos -*company insiders*. Comprende que ningún agente económico tiene la capacidad de conseguir ganancias sobresalientes de una forma sistemática aún si utilizan la información favorecida.

El mercado de eficiencia fuerte se caracteriza por que los precios de los títulos reflejan totalmente la información pasada, pública y privada. La hipótesis de la eficiencia fuerte establece que ningún inversionista puede obtener rendimientos extraordinarios (excepto por el azar), y que no existe información privilegiada. No se requeriría un análisis técnico ni fundamental, ni ninguna búsqueda de información, pues los precios estarían reflejando la información disponible (Quiroga, 2017).

Adicionalmente (Garcia R, Cruz S, and Venegas, F 2014) afirman que esta forma de eficiencia está sujeta a prueba por medio del estudio de ventanas de tiempo en contorno del evento corporativo (análisis de eventos). La interpretación de la técnica mencionada es que posterior al aviso formal del evento algunos de los diferentes agentes obtendrán información prestigiosa de primera mano. La intención de esta técnica es la de incorporarla en el mercado con el único propósito de adquirir rendimientos excepcionales; obteniendo la estimulación del volumen comerciado y el precio.

2.7 Mercado Financiero

De acuerdo con Ruiz y Sust [2019], el mercado es definido como un punto de encuentro (geográficamente definido o no) entre vendedores y compradores de bienes y servicios. El mercado financiero se describe como el marco de negociación, determinación del precio y contratación entre demandantes y oferentes de recursos financieros, el cual es instrumentado por medio de activos financieros. La teoría ortodoxa define el comportamiento del mercado como eficiente. Weston y Copeland (1988) dicen que un mercado es eficiente cuando sus precios reflejan completamente toda la información relevante.

El sistema financiero está integrado por los mercados mencionados anteriormente en conjunto con medios e instituciones. En el sistema financiero en México, la mayor participación en el sector de intermediación es la banca múltiple, al poseer aproximadamente más del 60% de los activos totales (CNBV,

2014). Su objetivo fundamental es encaminar el ahorro hacia la inversión, favoreciendo a ahorradores y empresas. Además, entre sus funciones se encuentra la de definir los volúmenes de operación y sus precios.

La problemática principal que desafía al sistema financiero es la prominente concentración de mercado que producen los elevados costos para los usuarios del sector financiero, dando una reducida diversidad para las diversas actividades que requieren de una financiación especializada, además de una flexibilidad para sus deposiciones y la carencia de factores que promuevan la inclusión financiera (Quiroz, 2013). Los mercados financieros más importantes en México son los de deuda, bursátil, cambiario y de procedentes. Las principales características con las que se puede definir un mercado financiero son:

I. Amplitud: Son más amplios cuanto mayor es el volumen de activos que en él se negocian. Si hay muchos inversores en el mercado, se negociarán más activos y, por tanto, habrá más amplitud.
II. Transparencia: La facilidad de obtener información sobre el mercado financiero.
III. Libertad: Determinada por la no existencia de barreras tanto para la compra como para la venta.
IV. Profundidad: A mayor número de órdenes de compraventa, mayor profundidad.
V. Flexibilidad: Facilidad para la rápida actuación de los agentes ante la aparición de un deseo de compra o venta.

2.8 Activos financieros

Para definir el concepto activo de intangible los autores (Garcia, M. & Guzmán, P. 2004) mencionan que es más limitativo, por el porcentaje de representación de los elementos del capital intelectual que son susceptibles de evocación como activo de acuerdo con las actuales. Casas y Cepeda (2008) afirman que un activo financiero es definido como una posesión que tiene valor en un intercambio. Pueden clasificarse como tangibles e intangibles.

(Victor, 2020) por otro lado, determina a los activos intangibles como aquellos activos no financieros que no contienen sustancia física, pero que son identificables y controlados por la empresa a través de derechos legales o custodia física, también representa obligaciones legales por los beneficios futuros. En

otras palabras, es aquel cuyo valor depende de sus propias características como son: edificio, maquinaria, terrenos, etc.

Mientras que el capital intelectual o intangible (Garcia, M. & Guzmán, P. 2004) lo definen como el conjunto de activos intangibles de una organización que, a pesar de no estar plasmados en los estados contables, en la actualidad, el mercado comprende el valor que generan y el potencial que pueden generar en un futuro como mencionan (Bueno Campos:1998; Sveiby, 1997; Harvey & Lusch, 1999). A pesar de que autores como son (Caddy, 2000; Reilly & Dandekar, 1997) afirman que un indicador relevante al distinguir un activo intelectual de un intangible y, además, como resultado, también daría el diferir el capital intelectual contra el capital Intangible es el impedimento de definir el valor de la posesión.

2.9 Econometría

La econometría consiste en una composición de varias ramas como son: la economía matemática, teoría de probabilidad y estadística, datos económicos y por supuesto la teoría económica. De acuerdo con García (1962) es la aplicación de los métodos estadísticos a datos económicos, puede definirse también como el campo de la economía orientada en la aplicación de la estadística matemática y las herramientas de la estadística inferencial a la medición empírica de las relaciones demandadas por la teoría económica.

Se trata de la rama de la ciencia económica encargada de la representación de la correlación económica de diversas etapas por medio de una precisa unión de la teoría económica, matemática y estadística. García Barbancho (1962) expresa que la matemática es como un lenguaje y forma de expresión de simbolismo y herramienta de eficacia en el proceso deductivo, representando la completa media unificación de la teoría económica, la economía matemática o estadística económica pasando así a ciencias parciales de su contenido. Es empleada junto con la matemática, la estadística y la informática para el estudio y el análisis de fenómenos económicos, constituyendo a una disciplina de la economía, convirtiéndose en una herramienta fundamental para la investigación.

Es la ciencia con la capacidad de prever los fenómenos económicos, a través del desarrollo de pronósticos de medidas económicas por medio de la regresión lineal. Su objetivo principal según Valavanis (1959), “es expresar una teoría económica bajo un estilo matemático, con el objetivo de representar por

métodos estadísticos y cuantificar el impacto de una variable sobre otra, así como la predicción de consecuencias a futuro y dar asesoría de política económica ante los resultados más favorables". Esta ciencia predice variables como las tasas de interés, costos de producción, precios de bienes y servicios, tipos de cambios, efectos de políticas financieras y el comportamiento del mercado.

2.10 Caminata Aleatoria

El conjunto de valores que las variables aleatorias pueden tomar se denota como S, se denominan espacio de estados, y este también puede ser finito (de dos elementos, por ejemplo 0 y 1), infinito contable o infinito incontable. Los procesos estocásticos también se clasifican de acuerdo con el tipo de conjunto que son S y T, ya sea si son discretos o continuos, o de acuerdo con las relaciones de dependencia entre las variables aleatorias. Las cadenas de Márkov representan un tipo de proceso estocástico {Xn ┤ ├ ,n≥0}, a tiempo discreto, las cuales se caracterizan por cumplir con la propiedad de Márkov, expresada en la siguiente ecuación (Medel et al, 2021)

$$P\left(X_{n+1} = X_{n+1} \mid X_{0=X_{0,}}, X_{1=X_{1,}}, \ldots, X_{n=n}\right) = P\left(X_{n+1} = X_{n+1} \mid X_{n=n}\right)$$

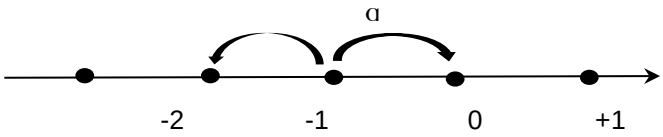
La interpretación de esta propiedad requiere aclarar primero que, X_n=x_n es encontrarse dentro del estado x_n ∈ S, al momento n≥0. La propiedad indica que la probabilidad de encontrarse en un cierto estado x_(n+1) al momento n+1, dado que se conoce el estado en el que el proceso se encontró en las etapas n, n-1,…,0 es la misma que la probabilidad de encontrarse en dicho estado x_(n+1), dado que solo se conoce el estado del proceso al momento n. La caminata aleatoria simple o unidimensional cumple con las propiedades de la cadena de Márkov, considerando que la probabilidad n+1 de encontrarse en un estado particular, es influido solamente por el estado en el que estuvo el proceso en la etapa n, y no por los estados previos (Medel et al, 2021).

Las caminatas aleatorias simples y unidimensionales (Medel et al, 2021) representan un caso particular de las cadenas de Márkov, se parte de un estado inicial, un posible valor del estado siguiente será el resultado de sumar o restar una unidad al estado inicial, considerando las probabilidades p y q

respectivamente. El pasar de un estado a otro se denomina transición entre estados, en el siguiente gráfico se aprecia la dinámica de transición donde se considera que se parte de cero (Medel et al, 2021).

Figura 1 caminata aleatoria simple (Medel et al, 2021).

El proceso de caminata aleatoria se usa frecuentemente en la teoría financiera y económica, principalmente al formular hipótesis de mercado eficiente, según (Romero, 2020). En términos matemáticos



es conocida como una caminata aleatoria, paseo aleatorio o camino aleatorio, todos estos nombres definen a un proceso aleatorio que detallan un camino que consta de una sucesión de pasos aleatorios en algún espacio matemático.

$=\epsilon t$ o $y_t = y_{t-1} + \epsilon_t$

Integrando el proceso sabemos que:

$=\epsilon t$ o $y_t = y_{t-1} + \epsilon_t$

0, si se desea expresar $yt{+}s$ en función en yt:

$=\epsilon t$ o $y_t = y_{t-1} + \epsilon_t$

Se considera yo como dado, y se calculan los momentos condicionales de la caminata aleatoria:

$$\mathbb{E}\mathcal{Y}_t = Var[\mathcal{Y}_0 + \sum_{r=1}^{t} \epsilon_T]$$

$$Var\,\mathcal{Y}_t = Var[\mathcal{Y}_0 + \sum_{r=1}^{t} \epsilon_T]$$

$$= Var\,[\epsilon_1 + \epsilon_2 + \cdots + \epsilon_t]$$

$$= t\sigma^2$$

$$Cov\,(Y_t, Y_{t-s}) = \mathbb{E}[(Y_t - Y_0)(Y_{t-s} - Y_0)]$$

$$= \mathbb{E}[(\epsilon_1 + \cdots + \epsilon_{t-s} + \cdots + \epsilon_t)(\epsilon_1 + \cdots + \epsilon_{t-s})]$$

$$= (t-s)\sigma^2$$

$$\rho_{t,s} = \frac{Cov\,(Y_t, Y_{t-s})}{\sqrt{Var}\,Y_t\,Var\,Y_{t-s}} = \frac{(t-s)\sigma^2}{\sqrt{t\sigma^2(t-s)\sigma^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{t-s}{t}}$$

$$= \sqrt{1-\frac{s}{t}}$$

$$E\,(Sn) = \sum_{j=1}^{n} \quad E(Zj) = 0$$

Una caminata aleatoria cruzará una línea límite si se le permite continuar caminando para siempre, una caminata aleatoria simple matemáticas {□} cruzará cada punto un número infinito de veces. Este resultado es conocido por muchos nombres: el fenómeno del paso a nivel, la recurrencia o la ruina del jugador. La razón por la cual lleva este nombre según (Medel, Salgado, & Solano, 2022) es que el caso de un jugador con una cantidad finita de dinero inciertamente perderá cuando juegue un juego justo contra un banco con una cantidad infinita de dinero. El dinero del jugador realizará un recorrido aleatorio, llegará a cero en algún momento y el juego terminará.

Ruina del Jugador

$$\oint \quad x(x) = \{p\ q \quad \frac{if\ x=1}{if\ x=-1}$$

La caminata aleatoria es una secuencia de tiradas de probabilidad como el caso de una moneda ponderada, con una cabeza apareciendo con probabilidad p y una cola apareciendo con probabilidad q. Una

formulación alternativa de esta situación es la de un jugador jugando una secuencia de juegos contra un adversario donde, en cada juego, el jugador tiene probabilidad de ganar. (Medel, Salgado, & Solano, 2022)

Existen dos tipos de caminata aleatoria, como expresa (Medel, Salgado, & Solano, 2022):

Caminata aleatoria sin tendencia, sin intercepto: En este modelo, el valor de Y en el tiempo t es igual a su valor en el tiempo (t - 1) más un choque aleatorio.

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t$$

Caminata aleatoria con tendencia, con un término constante o intercepto

Según (Medel et al, 2021) se realiza un recorrido desde un nodo que compone un grafo y se desarrollan recorridos escogiendo nodos vecinos al azar o en función de una distribución de probabilidad proporcionada. Posteriormente se realiza el mismo proceso desde el nodo que en un principio fue un destino, manteniendo la ruta en una lista.

2.11 Serie de Tiempo

Arnau Gras (2001) expresa “Al referirnos a las series de tiempo cabe distinguir entre aquellas cuyas observaciones son tomadas en cada punto de tiempo o series simultáneas y las que no tienen valor instantáneo en cada punto, dado que son acumulación de valores, como las series temporales acumuladas”. Otra definición que nos da el autor Pepió (2001) es una serie de tiempo es el conjunto de mediciones que describen la evolución de un fenómeno o variable a lo largo del tiempo. Ambos autores la describen como una frecuencia periódica ordenada por medio de valores de medición sobre el estado de una variable cuantitativa de un proceso.

Fierro, Castillo y Torres (2022), establecen que las series de tiempo presentan los siguientes componentes:

T Tendencia: la cual indica la dirección hacia la cual se dirige la serie de tiempo, puede ser creciente, decreciente, constante, lineal, curvilínea, entre otras; son conocidas también como tendencia a largo plazo.

C Ciclo: es el que indica las variaciones que ocurren en una serie de tiempo en períodos más prolongados. La serie sube y baja suavemente a manera de onda siguiendo la tendencia. Dicho ciclo puede ser causado por diversos cambios.

E Estacionalidad: son las variaciones que ocurren a corto plazo en una serie de tiempo con respecto a la línea de tendencia general. Ocurre en períodos fijos como días, semanas, meses, trimestres o años.

A Movimientos irregulares (aleatorios): Son oscilaciones de una serie temporal a corto plazo y que se atribuyen a factores imprevisibles o aleatorios. Corresponde al efecto de diversos factores a menudo desconocidos. d

2.11.1 Análisis de Series de Tiempo

Bello y Martínez (2007) afirman que una serie de tiempo hace referencia a un conjunto de datos numéricos obtenidos en periodos regulares de tiempo. También se les conoce como series temporales o cronológicas. Se pueden establecer en diferentes unidades de tiempo como la hora, el día, el mes, año o cualquier periodo de interés. El análisis de la serie de tiempo supone que los patrones y tendencias del pasado y del presente, seguirán teniendo influencia de la misma forma en el futuro. Bello y Martínez (2007). Los objetivos de dicho análisis serán identificar y aislar los elementos o factores de influencia para realizar proyecciones futuras en la variable de estudio. El propósito del análisis de tiempo es el de predecir eventos futuros según el comportamiento del estudio de diferentes variables, denominadas componentes, que han sido acontecidos en el pasado.

Afirmando lo que expresa Bello y Martínez (2007) la siguiente categoría de variables de componentes en lugar de las clásicas variables autónomas se clasifican como un modelo dinámico. Una de las grandes prerrogativas del análisis de series de tiempo es que son indispensables en la integración de datos longitudinales, en otras palabras, de ocurrencia repetida en períodos establecidos, además permite descubrir las tendencias antes y después de un suceso o intervención. Por otro lado, una de las desventajas es que detalla que su uso es inconveniente al momento en que las tendencias de datos no sean lineales y en el momento en que las intervenciones se realicen en más de una ocasión.

Para esto existen tres diferentes modelos como expresa Bello y Martínez (2007). En un modelo aditivo, en el que todos los componentes suman de manera equivalente e independiente, el componente estacional no varía o se mantiene constante a pesar de la tendencia. En el modelo multiplicativo o mixto, por el otro lado, la estacionalidad varía de manera creciente o decreciente en forma proporcional a la tendencia, dado que sus componentes no son independientes entre sí.

Modelo Aditivo

$$X(t) = T(t) + E(t) + C(t) + A(t)$$

Modelo Multiplicativo

$$X(t) = T(t) \bullet E(t) \bullet C(t) \bullet A(t)$$

Modelo Mixto

$$X(t) = T(t) + E(t) \bullet C(t) \bullet A(t)$$

Donde:

- X (t): serie observada en el instante t
- T (t): componente de tendencia
- E (t): componente estacional
- C (t): componente de ciclo
- A (t): componente aleatorio

Los procedimientos clásicos para descomponer una serie es el Método clásico (Martín-Guzmán, 1989) o el método denominado de Holt-Winters (Winters, R., (1960). Se descompone la serie calculando la tendencia T(t) y su componente estacional E (t) a partir de Xt. Para ello existen dos grupos de método para la descomposición de la serie. El método los paramétricos, específicamente el de mínimos cuadrados y el de modelos ajustados; y los no paramétricos, también conocidos como de medias móviles. Los métodos paramétricos siguen los supuestos y restricciones de los modelos lineales generales, mientras los no paramétricos ofrecen la flexibilidad necesaria para el manejo de los datos con otras distribuciones.

2.11.2 Estacionalidad, Tendencia, Ruido

Las series temporales se componen de cuatro elementos los cuales son: tendencial, estacional, cíclico e irregular, según afirma Newbold, Carlson y Thorne (2008). Pero en el caso de presentar un componente irregular, las series temporales prosiguen a una ruta aleatoria, como expresa Gujarati y Porter (2010), los precios de valores o los instrumentos financieros se comportan de manera simultánea. Si una serie de tiempo original es es estacionaria, se estudiaría su comportamiento de una sola forma, durante algún periodo predeterminado.

Como menciona anteriormente Newbold, Carlson y Thorne (2008) antes de la realización de inferencias y pruebas de hipótesis, se determina si la serie sufre alguna regularidad. En otras palabras, si es necesario estudiar el comportamiento de las variables y su correlación, con el objetivo de dar a conocer el mecanismo de la generación de datos. Para determinar el caso anterior está el concepto de la estacionariedad. Un proceso estocástico yt que determina si es estacionario si cumple con las siguientes características:

$\boldsymbol{E(y_t) = \mu_t = \mu}$	La media es constante a través del tiempo
$\boldsymbol{v_{ar}(y_t) = \sigma_t^2 = \sigma^2}$	La varianza es constante a través del tiempo
$\boldsymbol{[x_t, x_{t+j})\ \sigma_j}$	La covarianza entre términos contiguos no depende del tiempo si no de la distancia entre los mismos

En el análisis de series de tiempo, primero es importante graficar la serie. Esto permite detectar las componentes esenciales de la serie.

Modelos de Suavización

(Zare, 2015) expresa que métodos de suavizamiento de una Xt. Ayuda a eliminar los componentes de variabilidad y ayuda a tener una serie suavizada que tenga una mayor definición para calcular la tendencia.

2.11.3 Método de Suavización Exponencial

Los métodos de pronosticación aplicadas mediante la técnica del suavizado exponencial se basaron asentadas en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, al adquirir el valor promedio de ellas de una forma exponencial; es decir, los datos aumentan lo que da un peso superior a las observaciones actuales y por el contrario un peso inferior a las más antiguas. Esta técnica, como empresa (Zare, 2015) se basa en que una observación suavizada, en tiempo t, es un promedio ponderado entre el valor actual de la serie original y el valor de la serie suavizada, en el tiempo inmediatamente anterior. Si Y(t) representa la serie de tiempo original, y Z(t) la serie de tiempo suavizada, entonces lo anterior se puede escribir como:

$$\boldsymbol{Z(t) = a - Y(t) + (1 - a) - Z(t - 1)}$$

2.11.4 Suavización exponencial simple

En la suavización exponencial simple o también conocida como suavización exponencial lineal, (Bhattacharjee et, 2023), afirma que la siguiente técnica permite obtener el pronóstico de datos que poseen una tendencia y se requiere de un sencillo parámetro alfa, el factor o coeficiente de suavización. Según (Pretel, Galvis, Rendón y Osorio 2013), la suavización exponencial simple es una técnica basada en la atención a los valores en una serie de tiempos, donde se requiere obtener su promedio de manera exponencial. La consideración de los datos se realiza otorgando una mayor relevancia a los análisis más actuales y una menor a la antigüedad de ellos. En la siguiente ecuación se puede observar cómo (Webster, 1998) presenta una expresión para realizar el cálculo de suavización exponencial simple, donde el mayor peso se lo está dando a los datos pasados y se ajustan dando un valor (0≤∝≤1) (Pretel et al, 2013)

$$P_{(t+1)} = \propto Y_{(t)} + \propto(-1) \quad Y_{(t-1)} + \propto(\propto -1)\,[\,] - \{\,\hat{}\,(n-1)\; Y_{(t-2)} + (\propto -1)\,\hat{}\,(n-1) \quad Y_{(t-(n-1))}$$

Por otro lado, en la ecuación siguiente se considera una expresión equivalente. $Y_{(t)}$es el valor de la serie en el periodo (t). $P_{(t+1)}$ es el pronóstico para el periodo $(t+1)$ y el pronóstico predicción para el periodo en cuestión. El parámetro ∝ representa el factor de suavización tomando en cuenta $P_{(t)}$ $0 \leq \propto \leq 1)$ (Pretel et al, 2013).

$$P_{(t+1)=\propto Y_{(t)+(\propto-1)}} P_{(t)}$$

2.11.5 Suavización exponencial doble

Brown (1956) desarrolló los principales modelos de series de tiempo, que son los de suavización exponencial. El modelo de suavización exponencial doble es una extensión del modelo simple de Brown (1956), pero este fue presentado por Holt (2004). A diferencia del modelo simple, el modelo doble también incorpora en su proceso la tendencia de los datos históricos, aportando además del parámetro de nivel, un parámetro adicional de suavizamiento de tendencia.

El método Brown (1956) realiza una combinación de los probables factores de cuantificación y los posibles factores subjetivos, a los cuales se les establecen valores moderados de peso relativo. El método mencionado consiste en cuatro etapas:

1. Establecer un valor relativo a cada factor neutral FOi para cada ubicación de optativa probable.

2. Evaluar un valor relativo de cada factor subjetivo FSi para cada ubicación de optativa probable.

3. Concertar los factores objetivos y subjetivos, estableciendo una moderación relativa para la obtención de una medida primacía de localización MPL.

4. Destacar la ubicación que posea el mayor valor de medida primacía de localización.

Para el desarrollo del método Brown (1956) se empieza calculando una Suavización Exponencial Simple para cada valor de la serie. Al obtener los resultados correspondientes a la suavización se procede a realizar un segundo cálculo de otra Suavización Exponencial. Se realiza una doble técnica de suavización aplicando las siguientes ecuaciones en el caso de que la serie presente un componente de tendencia.

$$lt = \alpha yt + (1 - \alpha)[lt - 1 + Tt - 1]$$

$$Tt = \alpha(Lt - Lt - 1) + (1 - \alpha)Tt - 1$$

2.11.6 **Suavización exponencial triple (Holt-Winters)**

El método más adecuado para las series temporales estacionales es el modelo estacional de Holt-Winters. Según (Jimenez & Sanchez, 2006) es el de Holt-Winters, afirma que una serie puede llegar a descomponerse en todos o algunos de los componentes siguientes: a) tendencia; b) factor cíclico; c) estacionalidad y d) componente irregular, dando como resultado la incorporación de esos componentes. La integración puede ser de un modo aditivo al ser afectadas las fluctuaciones por la tendencia o de modo multiplicativo donde las fluctuaciones pueden cambiar con la tendencia o bien según los métodos de descomposición. En este procedimiento se pretende determinar el valor inicial y los parámetros de suavización, explicado esto por (Chatfield & Yar, 1991).

También nos afirma que, a suavización de forma multiplicativa basada en los componentes mencionados, según se expresa (Mejía & Gonzales, 2019) se pueden apreciar en las ecuaciones siguientes:

Serie suavizada exponencial o nivel estimado:

$$At = a + \frac{Xt}{S_{t-s}}(1-a)\ (At_{-1+}T_{t-1)} \quad a\ \in\ (0,1)$$

Estimación de la tendencia

$$Tt = Y(A_t - A_{t-1}\ )\ +\ (1-y)\,T_{t-1}\quad y\ \in\ (0,1)$$

Estimación de la estacionalidad

$$St = \delta\frac{Xt}{At} + (\ 1\ -\delta)\,S_{t-s}\quad \delta\ \in\ (0,1)$$

Predicción de m periodos en el futuro

$$X_{t+m}\ =\ (A_t\ +\ mT_t)\ S_{\ t+m-s}$$

Donde:

- At es el valor de suavización para el nivel de la serie en el periodo t
- α constante de suavización exponencial para el nivel

- Xt valor real de la serie en el periodo *t*
- Tt componente de tendencia de la serie para el periodo *t*; constante de suavización exponencial para la tendencia
- St componente estacional de la serie para el periodo *t*
- St−s componente estacional de la serie calculado para el periodo t−s
- δ constante de suavización exponencial para la estacionalidad, *s* longitud de tiempo de la estacionalidad
- m periodos futuros a predecir
- X^t+m predicción de Holt-Winters para el periodo t+m.

3 PROCEDIMIENTO

El procedimiento empleado para realizar la tesis es el siguiente:

1.-Consultar las bases de datos de la Bolsa Mexicana de Valores para buscar aquellas empresas mexicanas listadas que se clasifican en la industria de la aviación.

2.-Identificar aquellas aerolíneas mexicanas que comercializan acciones en la bolsa.
3.-Revisar la información pública disponible, inicialmente en las secciones de relaciones con inversionistas de cada empresa identificada.

4.-Analizar la disponibilidad de información histórica para recolectar datos financieros, específicamente el precio de las acciones que se cotizan de manera diaria al cierre de cada día hábil.

5.-Brindar un tratamiento a los datos, otorgar estructura y limpieza para facilitar su análisis y procesamiento a través de software estadístico especializado (Eviews).

6.-Capturar los precios de las acciones al cierre de manera diaria en días hábiles para conformar el periodo de análisis 2013-2024, considerando que a lo largo del periodo analizado las tendencias y la estacionalidad pueden cambiar, así como también la selección del modelo de pronóstico a emplear.

7.-Aplicar las herramientas de software para procesar la información con las técnicas de suavizado considerando la información que arroja el software Eviews del cálculo del error.

8.-Configurar las series de tiempo para descomponerlas empleando un software estadístico (Eviews).

9.-Identificar y analizar los patrones de las series de tiempo a través de las diversas herramientas del software estadístico.

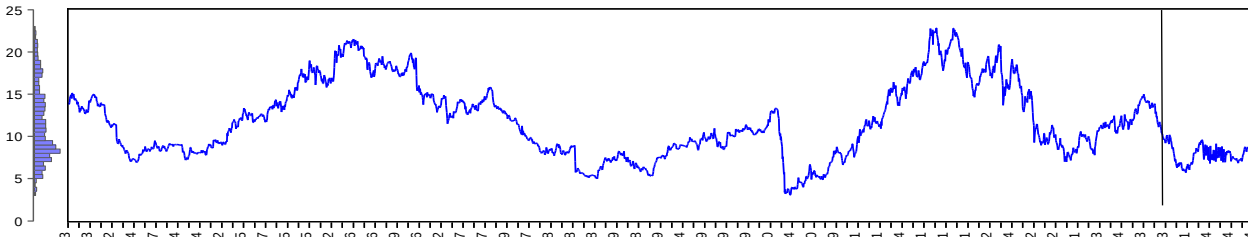
10.-Comparar los resultados de los modelos y seleccionar el más preciso.
11.-Elaborar los pronósticos adecuados para el año 2025.

12.-Elaborar las conclusiones y recomendaciones, generando conocimiento e información de valor agregado para el analista.

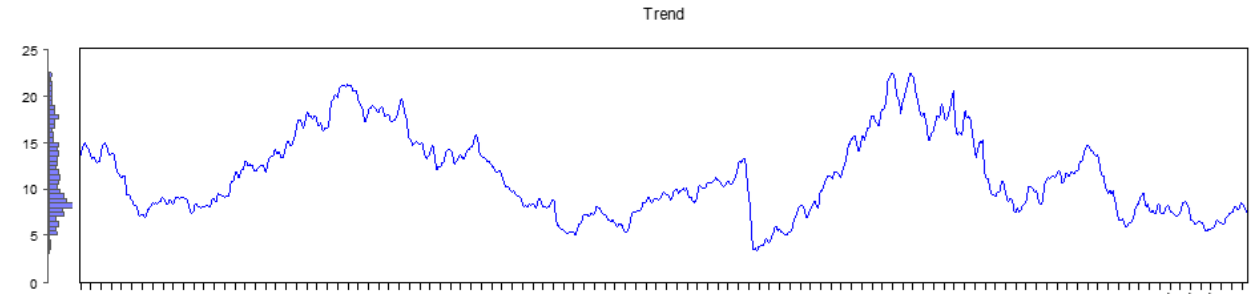
4 RESULTADOS

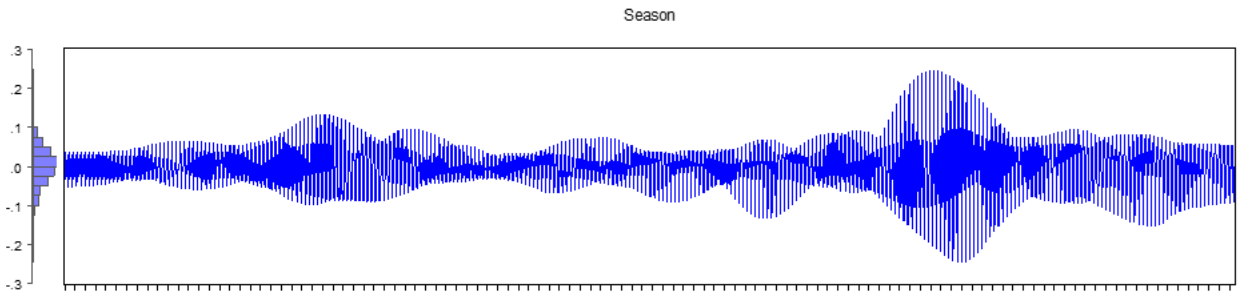
4.1 Comportamiento de las acciones en el periodo

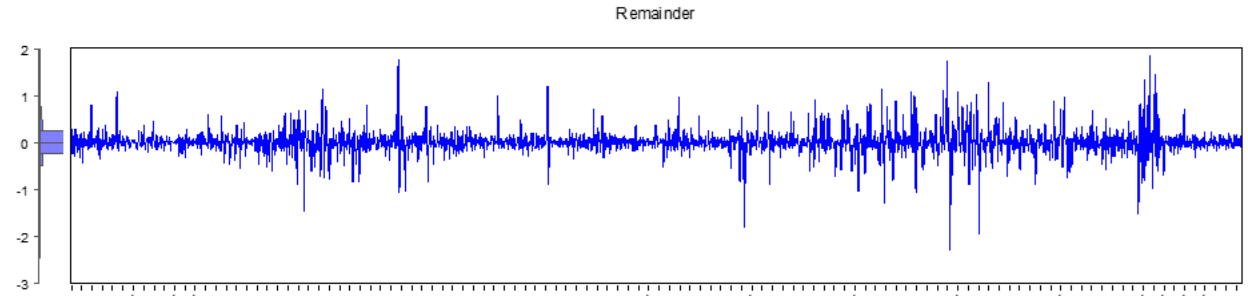
Gráfica Del Comportamiento De Las Acciones En El Periodo De Tiempo Estudiado



4.2 Descomposición De La Serie De Tiempo







4.3 Predicciones 2025

El software estadístico Eviews se aplicó para analizar, a través de la técnica del suavizado exponencial simple, la serie de tiempo observada. La tabla 1 describe que el pronóstico arrojado para el siguiente periodo asciende a 7.439880. Al tratarse de datos diarios, se afirma que los datos son de tipo no estructurados. El valor de RMSE arrojado por el software asciende a RMSE de 0.355684 inicialmente.

Tabla 1 Parámetros de la técnica Suavización Exponencial Simple.

Parámetros:	Alfa	0.9720
Suma de los errores al cuadrado:		359.0380
Raíz del error cuadrático medio:		0.355684
Pronóstico:		7.439880

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

4.3.1 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Doble

La aplicación de aplicación del software estadístico, empleando la herramienta del modelo de suavizado exponencial doble, arrojó los resultados que se proyectan en la tabla 2. Cabe mencionar que el RMSE registra una cifra de 0.379613.

Tabla 2 Parámetros de la técnica Suavización Exponencial Doble.

Parámetros:	Alfa	0.4960
Suma de los errores al cuadrado:		408.9732
Raíz del error cuadrático medio:		0.379613
Tendencia:		-0.089322

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

El valor de RMSE registrado en la aplicación del modelo de suavización exponencial doble, es mayor al proyectado en la técnica de suavización exponencial simple. La tabla 3 describe los pronósticos para el mes de enero de 2025.

Tabla 3 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Suavización exponencial doble).

Enero 2025	**Valor de la acción**	**Enero 2025**	**Valor de la acción**
02	7.328152	17	6.434932
03	7.238830	21	6.345610
06	7.149508	22	6.256288
07	7.060186	23	6.166966
08	6.970864	24	6.077644
10	6.881542	27	5.988322
13	6.792220	28	5.899000
14	6.702898	29	5.809678
15	6.613576	30	5.720356
16	6.524254	31	5.631034
Febrero 2025	**Valor de la acción**		
1	5.541711		

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

4.1.2 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) modalidad no estacional

El valor del RMSE arrojado en la aplicación de esta técnica, arrojó un resultado de 0.353436, el cual es proyectado en la tabla 4. Este valor es menor al registrado en las técnicas anteriores de suavización exponencial simple y doble. La tabla 5 describe los pronósticos de las acciones para el mes de enero de 2025 empleando la técnica de suavizado exponencial triple (Holt Winters) modalidad no estacional.

Tabla 4 Parámetros técnica Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) no estacional.

Parámetros: Alfa	0.9700
Beta	0.0000
Suma de los errores al cuadrado:	354.5143
Raíz del error cuadrático medio:	0.353436
Tendencia:	--0.003108

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

Tabla 5 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters no estacional).

Enero 2025	Valor de la acción	Enero 2025	Valor de la acción
02	7.43668	17	7.405601
03	7.433572	21	7.402494
06	7.430464	22	7.399386
07	7.427356	23	7.396278
08	7. 424248	24	7.393170
10	7.421140	27	7.390062
13	7.418033	28	7.386954
14	7.414925	29	7.383847
15	7.411817	30	7.380739
16	7.408709	31	7.377631
Febrero 2025	**Valor de la acción**		
1	7.374523		

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

4.1.2 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) modalidad Aditivo

Al aplicar la técnica del modelo de suavización exponencial simple modalidad aditivo, con el software estadístico, arroja un resultado del RMSE de 0.35326, el cual es el menor en comparación con los modelos anteriormente analizados. Los parámetros pueden observarse en la tabla 6.

Tabla 6 Parámetros de aplicación técnica Holt Winters (modalidad aditiva)

Parámetros:	Alfa	0.9700
	Beta	0.0000
	Gamma	0.0000
Suma de los errores al cuadrado:		354.1607
Raíz del error cuadrático medio:		0.353260
	Tendencia:	-0.002177

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

Los pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters modalidad aditivo) se muestran en la tabla 7

Tabla 7 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters modalidad aditivo).

Enero 2025	Valor de la acción	Enero 2025	Valor de la acción
02	7.448494	17	7.426728
03	7.436696	21	7.414929
06	7.425988	22	7.404222
07	7.415424	23	7.393657
08	7.429410	24	7.407643
10	7.437611	27	7.415844
13	7.425812	28	7.404045
14	7.415105	29	7.393338
15	7.404541	30	7.382774
16	7.418527	31	7.396760
Febrero 2025	**Valor de la acción**		
1	7.404961		

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

4.1.2 Aplicación de la técnica de Suavización Exponencial Triple (Holt Winters) modalidad multiplicativo

La aplicación de la técnica del suavizado exponencial triple (Holt Winters) modalidad multiplicativo, empleando el software estadístico, proyecta en la tabla 8 un valor del RMSE de 0.353449. El resultado es menor al obtenido mediante aplicación de la técnica de suavizado exponencial simple, doble, y Holt Winter no estacional. Sin embargo, es mayor que el resultado arrojado en el Holt Winter aditivo. Se muestran los pronósticos para el mes de enero de 2025 en la tabla 9.

Tabla 8 Parámetros de la técnica Holt-Winters (modalidad multiplicativa).

Parámetros:	Alfa	0.9700
	Beta	0.0000
	Gamma	0.0000
Suma de los errores al cuadrado:		354.5414
Raíz del error cuadrático medio:		0.353449
	Tendencia:	-0.002177

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

Tabla 9 Pronósticos para el mes de enero de 2025 (Holt Winters modalidad multiplicativo).

Enero 2025	Valor de la acción	Enero 2025	Valor de la acción
02	7.449539	17	7.427744
03	7.439664	21	7.417892
06	7.436610	22	7.414841
07	7.423258	23	7.401521
08	7.429169	24	7.407408
10	7.438642	27	7.416847
13	7.428778	28	7.407006
14	7.425725	29	7.403856
15	7.412389	30	7.390652
16	7.418288	31	7.396528
Febrero 2025	**Valor de la acción**		
1	7.405950		

4.1.3

Comparación del RMSE entre los modelos aplicados

La tabla 10 describe un resumen comparativo de los diferentes valores de RMSE y alfa arrojados empleando el software estadístico, aplicando cada uno de los modelos explorados.

Tabla 10 Comparativo de los resultados del RMSE en todos los modelos.

Parámetros	Suavizado Exponencial Simple	Suavizado Exponencial Doble	Holt Winters no estacional	Holt Winters aditivo	Holt Winters multiplicativo
Alfa	0.9720	0.4960	0.9700	0.9700	0.9700
RMSE	0.355684	0.379613	0.353436	0.353260	0.353449

Fuente. Elaboración propia (software EViews).

Se consideraron alrededor de 21 observaciones posteriores partiendo de la última observación en el año 2024, finalizando el 29 de enero de 2025. Por lo que en total se registraron 21 observaciones en diciembre 2024. Además, se anexaron los pronósticos obtenidos con cada método para enero 2025 y una estimación para el mes posterior, donde se pueden apreciar la disimilitud de ellos entre los distintos modelos aplicados.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo con la información que se proyectó en la tabla 10, se puede observar que el método con el mínimo índice de error corresponde al método de suavización del modelo de Holt Winters Aditivo. Esto indica que es el método más apropiado para la realización del pronóstico del precio de las acciones de la empresa citada. Como se puede apreciar en la tabla de aplicación de parámetros, la constante de un valor de 0.97 nos indica que los valores históricos más adyacentes tienden a provocar un mayor impacto en el pronóstico, de acuerdo con Olivia de Con y Molina (2020). La hipótesis planteada en el desarrollo de esta tesis se descarta, ya que la suavización exponencial simple no resultó ser el método con menor índice de error, la tendencia que se observa en la gráfica no es perceptible a simple vista. Aunque el índice de tendencia es pequeño, es un factor clave para tomar la decisión sobre el modelo de suavización exponencial correcto, ya que incide en el resultado del error.

Si bien, el uso del método de suavización indicado, que es el Holt-Winters Aditivo nos brinda una serie de pronósticos para el mes de enero, no se espera que brinde una precisión exacta. La estadística es disciplina que nos brinda aproximaciones y que permite al inversionista y las empresas tomar decisiones fundamentadas en métodos científicos reconocidos. Resulta ser fundamental poseer habilidades para el manejo de software estadístico como el Eviews, que simplificó el trabajo y permitió tener resultados más rápidos y eficientes. Por otra parte, uno de los puntos observados durante el desarrollo de esta tesis fue Concesionaria Vuela Compañía de Aviación, S.A.P.I. de C.V. es la única empresa mexicana que pertenece a la industria aérea de pasajeros que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores.

Con la información disponible, es necesario que las empresas nivelen el grado de incertidumbre disponiendo de la información histórica y actual de una manera apropiada, ya que esto permite generar ventajas competitivas. Los modelos de suavización pueden ayudar al inversionista a tomar decisiones más fundamentadas, y con ello lograr mejores rendimientos en sus inversiones. Contreras (2016) expresa que las empresas en la actualidad ejercen sus operaciones en un entorno con un mayor grado de inseguridad, por lo tanto, se requiere realizar una disminución de los riesgos en sus operaciones, con una efectiva toma de decisiones tanto en sus acciones como en su forma de operar. Para ello la aplicación de modelos de

estimación pueden proyectar un espejo futuro de sus niveles, pudiendo así evitar el mayor de los riesgos y una afectación en sus rendimientos.

Para un estudiante de Ingeniería en Gestión Empresarial, el uso de estos métodos cuantitativos amplía el horizonte profesional y proporcionan las bases para adentrarse en las nuevas tendencias de generación de conocimiento. Una de las más importantes es la ciencia de datos, la cual tiene relación estrecha con la minería de datos, la Inteligencia Artificial y el aprendizaje automático (supervisado o no supervisado) llamado también *Machine Learning*. Herramientas que son aplicables para potenciar el conocimiento en las áreas de las ciencias económico-administrativas; finanzas, gestión, contabilidad, ventas, dirección, recursos humanos y mercadotecnia (entre otras).

Con respecto a la ENOE (Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo) 2023 presentada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México tiene alrededor de 5.2 millones de personas preparadas en la formación en las ciencias económico-administrativas, en las cuales sólo un porcentaje de 10.8 de cada mil habitantes en México son gestores empresariales (2023). INEGI informa que en esta categoría se encuentran aquellas que realizan actividades de análisis, investigación y desarrollo de conceptos, atención en la gestión de empresas y la prestación de servicios económicos y comerciales. Por lo tanto, es importante impulsar la formación en áreas de la gestión empresarial ya que existe un gran potencial de crecimiento, especialmente en el sector financiero.

Dados estos puntos es relevante que los inversores tengan una capacitación extensa en temas de volatilidad. (Lopez, 2004) afirma que en el momento en el que las acciones de una empresa caen de un alta apaleamiento, empieza a disminuir en medida el valor del capital accionario en la estructuración de capital provocando que las acciones sufran un mayor grado de riesgo. Como expresa (Lopez, 2004) la causalidad en la relación anterior puede también presentarse de forma inversa, en otras palabras, si se presentan rendimientos supuestos de las acciones y el grado de volatilidad sufre un incremento, manteniendo los dividendos constantes esperados, entonces como resultado los precios sufren una caída. Es primordial que los inversores estén capacitados para cualquier situación que se les presente y poder tomar la decisión más apropiada para su organización.

5 COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Con la realización de este proyecto se desarrollaron principalmente las habilidades en la búsqueda de información en diferentes fuentes formales de investigación, obtenidas de diferentes revistas científicas especializadas en los temas desarrollados del documento. Además de desempeñar la competencia digital al emplear un *software* estadístico para la implementación de técnicas estadísticas y econométricas desarrolladas en el proyecto. Con apoyo del *software* se desarrolló la aplicación de distintos modelos de suavización exponencial, que pueden llegar a convertirse en un futuro en bases para el estudio de tendencias de la ciencia de datos

No obstante, se logró un avance en el empleo de técnicas estadísticas y econométricas, con los valores que se pudieron interpretar de la empresa de aviación en su trayectoria cotizando en la bolsa de valores, además de como afecto en estos números el comportamiento del mercado bajo el entorno macroeconómico y político a través del tiempo. Con los resultados obtenidos del análisis de la información de la BMV se logró alcanzar la capacitación ideal para la toma de decisiones al beneficio de los inversionistas, instituciones y los demás participantes en la BMV.

El desarrollo de la presente investigación permitió aplicar métodos de carácter cuantitativo con el objetivo de aprender a interpretar los datos recopilados en series de tiempo en base a la información histórica provenientes de fuentes formales. Se desarrollaron pronósticos basados en métodos científicos que pueden complementarse con información que proviene de factores del ambiente externo (gubernamentales, políticos, legales, sociales, etc.), lo cual fundamenta más ampliamente la toma de decisiones. En base a la realización de estos pronósticos, es posible estimar el valor de las acciones de la aerolínea mexicana a inicios del año 2025, brindando una orientación al inversionista en beneficio del manejo de sus acciones dentro de la BMV. La interpretación de la información financiera es una habilidad primordial para detectar oportunidades de mejora e inversión en el mercado financiero. Finalmente, los datos pueden proporcionar a los inversionistas y a las empresas ventajas competitivas al estar mejor informados, el objetivo de todo esfuerzo será propiciar la rentabilidad de las inversiones.

1. FUENTES DE INFORMACIÓN

2. (INEGI), E. I. (2023). Estadísticas a propósito de las personas formadas y ocupadas en las ciencias económico-administrativas. *Comunicado de prensa*, (pág. 765/23).

3. Armaus Gaus, J. (2001). Diseños de Series Temporales: Técnicas de Análisis. *Barcelona: Edicions Universidad de Sinaloa*.

4. Badii, M. H., Castillo, J., Landeros, J., & Cortes, K. (2007). Role of statistics in scientific research. *Innovaciones de Negocios*, 107-145.

5. Ben, M. G. (2006). Teoria de Probabilidad . *Estadistica para Quimica*.

6. Bodie, Z. &. (1998). Finanzas. *Prentince Hall*.

7. Bodie, Z. K. (2011). Investmenst. *New York: McGraw Hill*.

8. Brealey, R. &. (1995). Principios de Finanzas Corporativas: 5ta Ed. *España: McGraw Hill*.

9. Brown, R. G. (1956). *Exponential Smoothing for Predicting Demand. Arthur D. Little.* Obtenido de https://www.industrydocuments.ucsf.edu/docs/jzlc0130

10. Carnap, R. (s.f.). Fundamentos lógicos de probabilidad. 1950.

11. Contreras, A. Z. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos percederos. *Sciencie Direct*.

12. Correoso, Y., Chávez, M., & Puig, L. (2011). Alternativas didácticas de la estadística inferencial en el pregrado de las ciencias de la salud. *Revista de Información Cientifica, 72*.

13. Fontanelli, O., & Mansilla, R. (15 de 02 de 2021). Probability distributions in the complexity sciences: a contemporary perspective. *Scielo*.

14. Garcia, M., & Guzmán, P. (Febrero de 2004). Intangibles: Activos y Pasivos. *Management & Empresa*(N°37), 32-42.

15. Garcia, R. S., Cruz, S., & Venegas, F. (2014). Una medida de eficiencia de mercado Un enfoque de teoría de la información. *Contaduría y Administración*, 137-166.

16. Gómez, K., & Vargas, M. (2020). Analysis of the satisfaction of the passengers of Mexican low-cost airlines. *Estudios Gerenciales*, 484-495.

17. Gomez, M. (2008). El mercado de valores mexicano como entorno. *Redalyc*, 109-138.

18. Hyme, P. (2003). “La teoría de los mercados de capitales eficientes. Un examen crítico. *Cuadernos de Economía, XXII*(N 9), 57-83.

19. Lopez, F. (2004). Modelado de la volatilidad y pronóstico del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores. *Contaduría y Administración*, 43-72.

20. M., C. S. (2007). Una metodología de series de tiempo para el área de la salud: caso práctico. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*.

21. Martinez, F. (06 de 02 de 2024). Acciones de Volaris pierden 16% en lo que va del 2024. *El Economista*.

22. Medel, M. C., Salgado, G. D., & Solano, F. (2022). Classic Gambler Ruin problem and with an infinitely rich opponent through random walks and Python. *Programación Matemática y Software*.

23. Mejía, E., & Gonzales, S. (2019). Predicción del consumo de energía eléctrica residencial de la Región Cajamarca mediante modelos Holt -Winters. *Ingeniería Energética*, 181-191.

24. P, Kumar-Sahu; R, Kumar;. (2013). Demand Forecasting For Sales of Milk Product (Paneer) In Chhattisgarh. International Journal of Inventive Engineering and Sciences. Obtenido de http://www.ijies.org/attachments/File/v1i9/I0277081913.pdf pdf http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.675.6067&rep=rep1&type=pdf

25. Romero, R. (2020). Modelos de Tendencia. *Macroeconometría*.

26. Victor, M. L. (2020). *Asociación Interamericana de Contabilidad*. Obtenido de Contadores AIC 75: https://contadores-aic.org/intangibles-en-contabilidad/

27. Alipour, S., Russo, G., Morandi, A., Yazdani, M. (2024). A comprehensive machine learning-based investigation for the index-value prediction of 2G HTS coated conductor tapes. PROQUEST. https://www.proquest.com/docview/3054469039/DC1D8A5BEAB84FCCPQ/1?accountid=133045&sourcetype=Scholarly%20Journals

28. Bello, L., Martínez, S. (2007). Una metodología de series de tiempo para el área de la salud; caso práctico. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. https://www.redalyc.org/pdf/120/12025215.pdf.

29. Bhattacharjee, A., Vishwakarma, G., Gajare, N., Singh, N. (2023). Time series analysis using different forecast methods and case fatality rate for COVID-19 pandemic. Sience Direct. https://www-sciencedirect-com.basesuas.idm.oclc.org/science/article/pii/S1757780223002214

30. Casas, M., Cepeda, E. (2008). Modelos ARCH, GARCH y EGARCH: aplicaciones a series financieras. https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/1460/2083

31. Cabrera, J. (s.f.) Calibración de Modelos Hidrológicos. Instituto para la mitigación de los efectos del fenómeno del niño. https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf

32. Contreras, A., Zúñiga, C., Martínez, J., Sánchez, D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. Science Direct. https://www-sciencedirect-com.basesuas.idm.oclc.org/science/article/pii/S0123592316300754

33. Di Pasquale, E. (2023). ¿Qué es la economía? Repositorio Digital de la FCESyS-UNMDP. https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/3818/1/actis-2023.pdf

34. Fierro, C., Castillo, V., Torres, C. (2022). Análisis comparativo de modelos tradicionales y modernos para pronóstico de la demanda: enfoques y características. RIDE. https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view /1203/3556.

35. Flores, K. (2023). ¿Cuánta aerolíneas hay en México en 2023 y cuáles son? El Debate. https://www.excelsior.com.mx/nacional/mexicana-vuelve-a-levantar-vuelo-13-anos-fuera-mercado/1627204.

36. García, J. (s.f.) Naturaleza y contenido de la econometría. Universidad de Almería. https://w3.ual.es/~jgarcia/index_archivos/tema1

37. Gitman, L., Zutter, C. (2012). Principios de Administración Financiera. Ciudad de México, Editorial Pearson.

38. Ibujés, J, Franco, A. (2019). Uso de las TICS y relaciógn con los objetivos de Desarrollo Sostenible en Ecuador. REDALYC. https://www.redalyc.org/ journal/5045/504558496003/504558496003.pdf.

39. León, A., Betancour, J., Jaimes, F., Grisales, H. (2016). Ronda clínica y epidemiológica series de tiempo. Universidad de Antioquía Colombia. REDALYC. https://www.redalyc.org/pdf/1805/180546208012.pdf.

40. Mejía, E., Gonzáles, Salome. Predicción del consumo de energía eléctrica residencial en la Región Cajamarca mediante modelos Holt Winters. REDALYC. https://www.redalyc.org/journal/3291/329160723002/html/#:~:text=El%20enfoque%20de%20suavizaci%C3%B3n%20exponencial,aditivo%20y%20multiplicativo%20%5B8%5D.&text=La%20suavizaci%C3%B3n%20exponencial%20es%20probablemente, exponencial%20simple%2C%20doble%20o%20triple.

41. Medel, M., Salgado, G., Tajonar, F., Velasco, F. (2021). Problema clásico de la ruina del jugador y con un oponente infinitamente rico a través de caminatas aleatorias y Python. Programación Matemática y Software. https://progmat.uaem.mx/progmat/index.php/progmat/article/view/2022-14-3-02/2022-14-3-02

42. Munguía, Aldo (2024). Aerolíneas de bajo costo reinan en México. El Financiero. https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/2024/01/18/ aerolineas-de-bajo-costo-reinan-en-mexico/.

43. Oliva de Con, F., Molina, R. (2020) Propuesta de procedimiento para la predicción del tipo de cambio a corto plazo mediante técnicas contrastadas. SCIELO. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612 020000200007.

44. Paredes, M. (2023). Mexicana vuelve a levantar el vuelo; la marca estuvo 13 años fuera del mercado. Excelsio. https://www.excelsior.com.mx/nacional/ mexicana-vuelve-a-levantar-vuelo-13-anos-fuera-mercado/1627204

45. Pretel, C., Galvis, O, Rendón, l. Osorio, J. (2013). Dinámica de sistemas para la selección de un sistema de pronóstico con base en el impacto de excesos y faltantes. REDALYC. https://www.redalyc.org/pdf/4115/411534392004.pdf.

46. Ruíz, E., Sust, L. (2019). Introducción al sistema financiero. Universitat Oberta de Catalunya. https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/68509/5/Mercados%20financieros_M%C3%B3dulo%201_Introducci%C3%B3n%20al%20sistema%20financiero.pdf

47. Quiroga, E. (2017). Eficiencia en los mercados financieros y predicción de los precios de los activos. https://www.redalyc.org/journal/5116/511653854005/511653854005.pdf

48. Samuelson, P., y Nordhause, W. (2010). Economía con aplicaciones a Latinoamérica. Editorial McGraw Hill, México, D.F. Sarmiento, E. (2008). Predicción con series de tiempo y regresión. Universidad de la Rioja. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo /4780125.pdf.

49. Shao, Q., Aldhafeeri, A., Qiu, S., Khuder, S. (2023). A mutiplicative Holt-Winters model and autorgressive moving-average for hyponatremia mortality rates. Science Direct https://www-sciencedirect-com.basesuas.idm.oclc.org/science/article/pii/S2772442523001296#b1

50. Sidqi, F., Sumitra, I. (2019). Forecasting Product Selling Using Single Exponential Smoothing and Double Exponential Smoothing Methods. PROQUEST.

51. UNAM (2015). Probabilidad. UNAM. https://academicos.fciencias.unam.mx/wp-content/uploads/sites/30/2015/04/Probabilidad.pdf

52. Valdivia, L. (2016). Efectividad entre pronósticos: promedio móvil y suavizado exponencial, en la compra y venta de acciones. Revistas Universidad Nacional del Callao. https://revistas.unac.edu.pe/index.php/CYT/ article/view/50?articlesBySameAuthorPage=7.

53. Vesga, J., Contreras, M., Vesga, J. (2022). Uso del modelo Holt Winters como estrategia para la predicción de condiciones ambientales durante el procesamiento del cacao. Universidad EIA. https://revistas.eia.edu.co/ index.php/reveia/article/view/1593/1469.

54. Villavicencio, J. (s.f.) Introducción a las series de tiempo. Instituto de Estadísticas de Puerto Rico. http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D

55. Villegas, D. (2019). La importancia de la estadística aplicada para la toma de decisiones en Marketing.SCIELO. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372019000200004

56. Yu X., Wang, H., Wang, J, Wang, X. (2024). A common feature-driven prediction model for multivariate time series data. Science Direct. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025524008818.

57. Comisión Nacional Bancaria y de Valores (28 de 11 de 2014). Informe anual 2013. México: CNBV. Recuperado de http://www.cnbv.gob.mx/TRANSPARENCIA/Documents/Informe%20Anual%202013.pdf