Optimización en la Toma de Decisiones para el Sector Comercial Cotizante en la BVC Mediante un Modelo de Proyección

Alejandra Godoy Calderón
Estudiante

Francia Elena Cruz Puentes
Asesor

Universidad Piloto de Colombia
Seccional del Alto Magdalena
Programa de Ingeniería Financiera
Girardot
2020

Agradecimientos

Quiero agradecer en primera instancia a Dios por brindarme las capacidades intelectuales necesarias para la elaboración de la presente investigación, a mis padres por brindarme la oportunidad de acceder a una educación profesional, a la Secretaría de Educación de Girardot por brindarme la ayuda económica para poder estudiar y finalmente agradezco al programa Ingeniería Financiera por acogerme los nueve semestres.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **12**

1. PROBLEMA **15**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19

1.3 JUSTIFICACIÓN 20

1.4 OBJETIVOS 23

1.4.1 Objetivo general *23*

1.4.2 Objetivos específicos *23*

2. MARCO REFERENCIAL **24**

2.1 ANTECEDENTES 24

2.1.1 Categoría: Modelos de Proyección de Series de Tiempo *24*

2.1.2 Categoría: Optimización *37*

2.1.3 Categoría: Sector Comercial *40*

2.2 MARCO TEÓRICO 42

2.2.1 Modelos de Proyección de Series de Tiempo *43*

2.2.2 Sector Comercial *61*

2.3 MARCO CONTEXTUAL 66

2.4 MARCO LEGAL 75

3. METODOLOGÍA **79**

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN 79

3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 81

3.3 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN 83

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 86

3.5 TRATAMIENTO DE DATOS 88

4. APLICACIÓN DEL MODELO ARIMA **89**

4.1 BASE DE DATOS: 89

4.2 PROPUESTA: MODELACIÓN PARA OBTENER PREDICCIÓN DE OPA (28 OCTUBRE 2019 AL 19 NOVIEMBRE 2019) 89

5. RESULTADOS 111

6. CONCLUSIONES 114

7. RECOMENDACIONES 116

8. ANEXO 117

REFERENCIAS 120

BIBLIOGRAFÍA 125

Lista de tablas

Tabla 1 Libros relacionados con el concepto de modelos de proyección 26
Tabla 2 Artículos relacionados con el concepto de modelos de proyección 30
Tabla 3 Documentos institucionales relacionados con el concepto de modelos de proyección 36
Tabla 4 Libros relacionados con el concepto de optimización.....38
Tabla 5 Documentos institucionales relacionados con el concepto de optimización.....39
Tabla 6 Informes relacionados con el concepto sector comercial 41
Tabla 7 Resumen de las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales 53
Tabla 8 Distribución por sector de la economía del nro. de emisores de la BVC 63
Tabla 9 Capitalización Bursátil, de los 20 emisores con mayor capitalización bursátil en el mercado al 16 de noviembre 2020.....64
Tabla 10 Promedio de Participaciones de los sectores de la economía en el índice COLCAP 65
Tabla 11 Información básica del emisor Almacenes Éxito S.A 72
Tabla 12 Información básica de la acción ordinaria de Almacenes Éxito S.A 73
Tabla 13 Errores de los modelos ARIMA 111
Tabla 14 Backtesting del Modelo (2) ARIMA (4,1,5) y el Modelo (3) ARIMA (1,1,1) ...112

Lista de gráficos

Gráfico 1 Accionistas del sector financiero 16
Gráfico 2 Ejemplo gráfico de un ruido blanco 49
Gráfico 3 Posición según participación ene l índice COLCAP de la acción ÉXITO 66
Gráfico 4 Base de datos del precio de cierre de Almacenes Éxito (4 enero de 2010 al 13 septiembre 2019 días bursátiles) 91
Gráfico 5 Tendencia de la Base de datos del precio de cierre de Almacenes Éxito (4 enero de 2010 al 13 septiembre 2019 días bursátiles) 91
Gráfico 6 Serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 93
Gráfico 7 Descomposición de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 94
Gráfico 8 Primera Diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 95
Gráfico 9 Residuales del modelo (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 97
Gráfico 10 Prueba Ljung Box del modelo ARIMA (5,1,3) (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 98
Gráfico 11 Serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 99
Gráfico 12 Descomposición de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 100
Gráfico 13 Primera Diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 101
Gráfico 14 Residuales del modelo (2 enero 2014 al 13 de septiembre de 2019) 103
Gráfico 15 Prueba Ljung Box del modelo ARIMA (4,1,5) (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 104
Gráfico 16 Serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 105
Gráfico 17 Descomposición de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 106

Gráfico 18 Primera Diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 107
Gráfico 19 Residuales del modelo (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) ..109
Gráfico 20 Prueba Ljung Box del modelo ARIMA (1,1,1) (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 110
Gráfico 21 Comparación de predicción vs datos reales para los precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 al 19 noviembre 2019 días bursátiles) 113

Lista de ilustraciones

Ilustración 1Método de investigación deductivo 81
Ilustración 2 Modulo de descarga de la información de la acción ÉXITO de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) 89
Ilustración 3 Prueba Aumentada de Dickey Fuller de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 94
Ilustración 4 Prueba Aumentada de Dickey Fuller de la primera diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 96
Ilustración 5 Mejor modelo ARIMA de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 96
Ilustración 6 p value de la prueba Ljung Box del modelo ARIMA (5,1,3) (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 98
Ilustración 7 Test Aumentado de Dickey Fuller de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 100
Ilustración 8 Test Aumentado de Dickey Fuller de la primera diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2014 – 13 septiembre 2019) 102
Ilustración 9 Mejor modelo ARIMA de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2042 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 102
Ilustración 10 p value de la prueba Ljung Box del modelo ARIMA (4,1,5) (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 103
Ilustración 11 Test Aumentado de Dickey Fuller de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 106
Ilustración 12 Test Aumentado de Dickey Fuller de la primera diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 108
Ilustración 13 Mejor modelo ARIMA de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 108
Ilustración 14 pvalue de la prueba Ljung Box del modelo ARIMA (1,1,1) (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles) 110

Lista de diagramas

Diagrama 1 Diagrama de flujo de la estrategía de construcción de un modelo de Box & Jenkins 55
Diagrama 2 Estructura del mercado de capitales 62
Diagrama 3 Estructura accionaria del Grupo Éxito a septiembre de 2020 69
Diagrama 4 Organigrama de las principales subsidiarias operativas ubicadas en Colombia y en el exterior 70
Diagrama 5 Organigrama de los negocios y marcas del Grupo Éxito en Colombia 71
Diagrama 6 Proceso cuantitativo de la investigación 79
Diagrama 7 Proceso cualitativo de la investigación 80
Diagrama 8 Alcance de la investigación 83
Diagrama 9 Diseño de la investigación 85

Resumen

Debido a que en el mercado de capitales existen situaciones de difícil anticipación que se reflejan en el comportamiento del precio de las acciones, revelando el riesgo existente para los diversos agentes que participan en el mercado, se deben tener opciones para tomar una buena decisión respecto a la situación presentada. La presente investigación nace como una alternativa a la optimización de toma de decisiones en el mercado accionario, enmarcada como una investigación aplicada ya que, está encaminada a resolver un problema específico. El objetivo de este trabajo es exponer una alternativa para la optimización de toma de decisiones de inversión según la situación del mercado que, para este caso puntual, la toma de decisiones respecto a una Oferta Publica de Adquisición (OPA), mediante la implementación del modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA) sobre la serie histórica de precios de bolsa del sector comercial en Colombia, Almacenes Éxito SA, empresa caso de estudio. La funcionalidad de este modelo se basa en la necesidad real de los agentes que intervienen en el mercado accionario, es por ello por lo que podrá ser replicable para diversas variables, siempre y cuando cumplan con las características de aplicación del modelo. Se obtuvieron predicciones favorables y se logró la optimización de la toma de decisión siendo esta evaluada como la identificación de un panorama claro ante una situación, una vez comprobada la eficiencia del pronóstico al compararla con los datos reales, encontrando que la predicción sigue los patrones de los datos reales, con un promedio de diferencia de -2,4%.

Palabras clave: Serie de tiempo, modelo ARIMA, Oferta Pública de Adquisición (OPA), Toma de decisiones, Mercado de Capitales.

Abstract

Because there are situations in the capital market that are difficult to anticipate, which are reflected in the behavior of the share price, revealing the existing risk for the various agents that participate in the market, there must be options to make an effective decision regarding the situation presented. This research was born as an alternative to optimizing decision-making in the stock market, framed as an applied research since it is aimed at solving a specific problem. The objective of this work is to present an alternative for the optimization of investment decision-making according to the market situation, which for this specific case was the decision-making regarding a Public Acquisition Offer (OPA), through the implementation of the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model on the historical series of stock prices of the commercial sector in Colombia, Almacenes Éxito SA, a case study company. The functionality of this model is based on the real need of the agents that intervene in the stock market, which is why it can be replicated for various variables, as long as they comply with the application characteristics of the methodology. Favorable predictions were obtained, and the optimization of decision making was achieved, being evaluated as the identification of a clear panorama in the face of a situation, once the efficiency of the forecast was verified when comparing it with the real data, finding that the prediction follows the patterns of the real data, with an average difference of -2.4%.

Keywords: Time series, ARIMA model, Public Acquisition Offer (OPA), Decision making, Capital Markets.

Introducción

La presente investigación se centra en la optimización de la toma de decisiones en el mercado de capitales según la situación que presente, tomando como caso de estudio el sector comercial cotizante en la BVC, gracias a la implementación y desarrollo de un modelo de proyección que permite el análisis de series de tiempo y considera alternativas para el futuro más cercano, es decir de corto plazo. En el desarrollo del modelo se aplican los conocimientos adquiridos durante la formación profesional, destacando la posible trasferencia de conocimiento para una replicación viable del modelo a los diferentes sectores de la economía e implementando diversas variables financieras y económicas.

Con el paso de los años las transacciones de títulos valor han venido evolucionando, de tal forma que en la actualidad la mayor parte de países del mundo cuentan con una institución bursátil denominada Bolsa de Valores, la importancia de invertir en el mercado bursátil es un elemento clave para el desarrollo de una economía, pues corresponde a uno de los mecanismos mas eficientes de financiación que permite el traslado de recursos de agentes superavitarios (los inversionistas) a los diferentes sectores económicos (las empresas) que generan riqueza en una nación.

Es por esto que muchas personas han comparado la inversión en Bolsa de Valores como un juego de azar ya que, además del inversionista, participan factores que son ajenos al mismo, como lo es la volatilidad del mercado, la especulación de los agentes y la incertidumbre, generando que el inversionista quiera disminuir su riesgo de especulación a través de diversos mecanismos como la interpretación subjetiva, la experiencia, el estudio de gráficas y la anticipación al mercado mediante una proyección de precios, por lo cual la predictibilidad de los títulos financieros ha sido estudiada desde que surgen los mercados que permiten su negociación.

Por lo anterior, el problema principal de una predicción en cualquier campo de estudio radica en que es una tarea compleja, debido a que participan variedad de factores que pueden afectar una misma variable, es por esta razón que se empezaron a utilizar técnicas estadísticas

y econométricas que buscan reducir el error identificando características particulares de la información.

Es por esto, que el uso de modelos estadísticos ha tomado relevancia en el estudio de series temporales en el ámbito económico, teniendo en cuenta el aprovechamiento de las nuevas tecnologías y software estadísticos de fácil acceso, además de que actualmente se cuenta con diversidad y gran variedad de fuentes de información relacionados con la aplicación de los modelos estadísticos en variables financieras y económicas, lo que ayuda a estructurar y generar una predicción mas eficiente.

Por otro lado, gracias a la necesidad de optimizar la toma de decisiones en el mercado de capitales, teniendo en cuenta situaciones improvistas, existen cuatro propósitos relacionados con los objetivos desarrollados a lo largo del proyecto: el primero es conocer la situación real del mercado bajo la empresa caso estudio a trabajar, para luego como segundo propósito implementar el modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA) obteniendo la mejor proyección del precio de la acción de la empresa caso de estudio, aprovechando las herramientas estadísticas y ejecutándolo de la manera mas clara y precisa, para luego optimizar la toma de decisiones respecto a la situación del mercado, Oferta Publica de Adquisición (OPA), y como ultimo, incentivar a los lectores a implementar la metodología desarrollada que brinde solución a las necesidades reales, beneficiándose de los recursos tecnológicos.

El proyecto se encuentra organizado en **cinco** capítulos desarrollados a lo largo de la investigación; En el Capítulo 1 se determina y formula el problema de investigación, seguido de la justificación del proyecto fundamentada en la necesidad que se evidenció en el mercado accionario de optimizar la toma de decisiones basándose en la situación real del mercado y por último se define el objetivo general y los objetivos específicos.

En el Capítulo 2 se expone la información del marco de referencia, donde se revisaron los antecedentes basados en las categorías de investigación modelos de proyección, optimización y el sector comercial, y se revisaron conceptos relevantes que nutrieron la presente investigación, ayudando a orientar correctamente los objetivos del proyecto; en

dicho capitulo se analizaron diferentes fuentes de información como libros, documentos institucionales y artículos.

En el capítulo 3, se documenta el diseño metodológico de la investigación cuyo enfoque se define como mixto, pues implica aspectos tanto cualitativos como cuantitativos que fueron necesarios durante el desarrollo de la presente investigación para la identificación, desarrollo y evaluación del modelo de proyección del mercado accionario que se tomó como base para la optimización de la toma de decisión.

En el Capítulo 4 se detalla la identificación y desarrollo del modelo de proyección, basado en la metodología de Box & Jenkins o también conocida como modelo ARIMA en el entorno de desarrollo integrado que utiliza el lenguaje de programación R, para proceder a obtener la eficiencia del pronóstico.

Por último, en el Capítulo 5, se detallan los resultados obtenidos una vez aplicado el modelo, evidenciando la optimización de la toma de decisiones, para luego documentar las conclusiones de la investigación y las recomendaciones, con el fin de identificar aspectos por mejorar, adicionalmente se trae a colación las referencias bibliográficas del proyecto.

1. Problema

1.1 Planteamiento del Problema

En Colombia el mercado de capitales es relativamente nuevo, pues su puesta en marcha data sobre los años ochenta y desde entonces ha ido evolucionando, incluyendo nuevos productos bursátiles y formas de realizar transacciones en bolsa. Este es un mercado muy importante ya que, se relaciona directamente con la economía de un país permitiendo canalizar recursos financieros sin la necesidad de intermediación bancaria o financiera de dos puntas. En este mercado, por una parte, se encuentran los ahorradores e inversionistas que tienen excedentes de recursos financieros que buscan rentabilidad y, por otro lado, están los empresarios, quienes necesitan recursos para financiar sus proyectos. De ahí, que la función de la Bolsa de Valores es conectar a estos agentes haciendo posible ejecutar sus necesidades y servir como garantía de cumplimiento del negocio entre los participantes.

No solo es importante resaltar la funcionalidad de la Bolsa de Valores dentro del mercado de capitales, también es trascendental destacar cómo ayuda a la economía de un país, debido a que las empresas que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia sean empresas nacionales, entidades del estado e incluso empresas extranjeras, del sector real y financiero, logran generar fuentes de financiación para hacer sus respectivas inversiones, crecer empresarialmente y lograr generar vacantes de empleo, contribuyendo al desarrollo económico del país, mejorando el ingreso de los colombianos y contribuyendo a la disminución de la pobreza.

Tanto es así que, según el informe anual comportamiento de las 1.000 empresas más grandes del sector real, por ingresos operacionales de la Superintendencia de Sociedades ubica a la empresa Almacenes Éxito en la 5ta posición, empresa perteneciente al sector comercial cuyos ingresos operacionales se encuentran en $11.676.332.000 destacando en el informe que: “Más Empresa, Más Empleo: Las empresas son parte fundamental del bienestar económico del país y de la conservación del empleo. Como Superintendencia queremos

empresas competitivas, productivas y perdurables y este ranking nos permite monitorear los buenos comportamientos empresariales" (Superintendencia de Sociedades, 2020, p. 30).

Por otro lado, para que siga existiendo crecimiento de la economía se ve necesario que los agentes con excedentes de recursos inviertan en el mercado bursátil, sin embargo según el analista bursátil Andrés Moreno, en un articulo realizado con base a las cifras de la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC), dijo que: "Desde 2012, la Bolsa ha perdido 50% de sus inversionistas, pues en diciembre de 2011, cuando registró el mayor número de accionistas, había 1,01 millones, mientras que en el mismo mes de 2019 quedaban 510.547" (Moreno, 2020).

Gráfico 1 Accionistas del sector financiero

Fuente: Andrés Moreno Jaramillo en el diario la República, 2020 (Moreno, El mercado bursátil perdió unos 35.595 accionistas en 2019 y quedaron 510.547 en total, 2020)

Asi mismo, Andrés Moreno (2020) afirma que:

> En diciembre de 2019, las personas naturales ocuparon el cuarto lugar de participación en volumen en la compra de acciones a través de la BVC, con $270.906 millones y 12,3% de participación en el mercado. El primer lugar se lo llevaron los inversionistas extranjeros, con $824.323 millones (37,4%), y el segundo fue para las AFP, con $368.460 millones" (16,7%). (párr. 7)

Cabe mencionar que una de las razones por las cuales las personas naturales se han ido retirando del mercado bursátil son los altos costos que conlleva la inversión, puesto que para llevar a cabo una transacción bursátil se necesita un intermediario o comisionistas de

bolsa, las cuales cobran comisiones por vender o comprar activos, por el manejo de los títulos valor. Es importante mencionar que dichas comisiones no están reguladas, es decir que cada firma las fija según sus costos, teniendo en cuenta el perfil del inversionista como el monto de la inversión, así lo afirma el señor Jaime Humberto López, presidente de ASOBOLSA en una entrevista para el diario La República.

Otro de los motivos por los cuales la BVC cuenta con pocos inversionistas que sean personas naturales es por la falta de educación financiera, pues generalmente las personas no conocen el funcionamiento del mercado de valores y creen que es solo para profesionales (Moreno & Humberto L, 2019). Por lo que se afirma que uno de los problemas principales de este medio de inversión es la baja participación de inversionistas, así como la baja participación de empresas cotizantes en la Bolsa de Valores de Colombia.

Sumándole a lo anteriormente mencionado, al realizar inversiones en el mercado de valores existe la posibilidad de que el activo financiero seleccionado se valorice o se desvalorice. Esta variabilidad en precio del activo se conoce como riesgo de mercado que se define como:

> La posibilidad de que las entidades incurran en pérdidas asociadas a la disminución del valor de sus portafolios, las caídas del valor de las carteras colectivas o fondos que administran, por efecto de cambios en el precio de los instrumentos financieros en los cuales se mantienen posiciones dentro o fuera del balance. (Superintendencia Financiera de Colombia [SFC], 2007, p. 2)

Una mala gestión del riesgo de mercado no solo conlleva a afectar a un solo individuo o compañía, sino que también pueden sobrellevar a perturbar a un sector económico, una economía o en el peor de los casos a países, es por estas perdidas que se ha hecho necesario desarrollar diferentes alternativas de gestionar los riesgos relacionados con la volatilidad de los precios.

Todo inversionista que participa en este mercado esta inherentemente expuesto a el riesgo, por esto es necesario que el inversionista o el gestor de inversiones utilice herramientas que le permitan mitigar este riesgo con el fin de maximizar su ganancia o minimizar su perdida al momento de liquidar el activo adquirido, es decir de optimizar sus negociaciones en el mercado disminuyendo los eventos que presenten escenarios negativos.

Otro aspecto para considerar consiste en que la mayoría de los colombianos por miedo al riesgo pierden oportunidades de inversión que pueden generar ganancias, hoy en día el uso de Internet y plataformas digitales de todo tipo es parte de la vida cotidiana, sin embargo, esto no se refleja en el flujo personas naturales que se interesen en invertir en la BVC.

Finalmente se puede decir que el mercado bursátil es un sistema muy grande pero también es frágil, volátil y cambiario, y al final del día son solo números, que estadísticamente hablando se pueden usar para hallar información cuantitativa y hacer análisis cualitativos, por medio de modelos econométricos con los cuales se pueden tomar decisiones de inversión.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo optimizar la toma de decisiones para el sector comercial cotizante en la BVC mediante un modelo de proyección?

1.3 Justificación

Actualmente es muy importante tomar decisiones de inversión soportadas técnicamente, es decir que no solo se basen en percepciones subjetivas, sino que tengan bases objetivas para tomar la mejor decisión. Una alternativa es basarse en modelos estadísticos que realicen pronósticos eficientes del precio de cierre de las acciones, ya que no solo va a aportar a la elección la decisión óptima, sino que permite conocer la situación accionaria futura de la compañía.

Asi mismo, esta alternativa ayuda a prevenir de cierto modo problemas financieros a nivel colectivo, como caso particular se resalta lo sucedido en la crisis financiera de 2008 que inició en EE. UU y terminó impactando la economía mundial incluido Colombia. Según el informe publicado por The New York Times y The Wall Street Journal de la Comisión de Investigación de la Crisis Financiera (2011) los factores que contribuyeron a que la crisis ocasionara tantos daños fue la incertidumbre y el pánico generado en los mercados financieros, aunque dichos factores no se pueden eliminar del todo en una economía. Los factores mencionados anteriormente, pueden ser mitigados anticipándose a los sucesos futuros mediante pronósticos, ya que permite reaccionar de manera oportuna, mediante cálculos de probabilidades de la ocurrencia de ciertos sucesos ante los cambios que se producen en los mercados.

Actualmente, en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) se encuentran listadas 68 empresas de los diferentes sectores económicos (comercial, financiero, industrial, inversiones, publico y servicios), de las cuales tan solo una compañía hace parte del sector comercial, Almacenes Éxito S.A, y se ajusta a los objetivos de la presente investigación, adicionalmente se identificó que la empresa presentó una OPA reciente en el año 2019. Por otro lado, que solo esta empresa, que pertenece al sector comercial, participe en la BVC la hace una empresa muy fuerte y muy bien consolidada porque a pesar de ser la única perteneciente a este sector ocupa un papel importante en el sector bursátil colombiano.

En materia financiera, Almacenes Éxito S.A tuvo un gran desempeño durante el año 2019, generando ingresos operacionales consolidados por 15,3 billones, +2,8% con efecto de la tasa de cambio, utilidades netas por 57,6 mil millones y un margen EBITDA recurrente consolidado de 8,4% mostrando de esta forma que la empresa ha tenido un crecimiento financiero y de negocio gracias a las diferentes estrategias implementadas por sus directivos (Grupo Éxito, 2019).

Por otro lado, de acuerdo con cifras de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), Almacenes Éxito tiene una capitalización bursátil de COP $ 4,924 billones con corte al 16 de noviembre de 2020, la cual es muy importante en comparación con las demás empresas, ocupando el puesto nro. 15 de las empresas con mayor capitalización bursátil (Bolsa de Valores de Colombia [BVC], 2020).

La elección de aplicar este trabajo al sector comercial colombiano también se basa en la importancia que tiene dentro de la economía del país, debido a una gran participación en el Producto Interno Bruto (PIB), de acuerdo con el boletín técnico – Producto Interno Bruto (PIB) – IV trimestre de 2019 del DANE, para el 2019 el PIB creció en 3,3% frente al año anterior, y la actividad económica que más contribuyó a este crecimiento fue la de comercio al por mayor y al por menor, con una contribución de 0,9 puntos porcentuales a la variación anual (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2019).

Ahora bien, también existen factores ajenos a los sucesos futuros ya que no son posibles de anticipar, como por ejemplo una Oferta Pública de Adquisición (OPA), la cual consiste básicamente en ofrecer a los accionistas de una empresa la compra de sus acciones por un precio determinado, por lo que se pretende efectuar un pronóstico del precio de la acción teniendo en cuenta un modelo estadístico, que puede ayudar en parte al accionista a tomar una decisión ante esta oferta, ya sea de aceptar la OPA o rechazar la OPA.

Dentro de las formas de realizar modelación se encuentra el modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA), el cual tiene gran importancia porque permite estudiar un conjunto de datos, para llegar a conclusiones que se apoyan en argumentos de peso,

proporcionando datos cuantitativos acertados y útiles para optimizar la toma de decisiones y así lograr reducir significativamente el riesgo de las fluctuaciones del activo, teniendo en cuenta las características necesarias para la aplicación del mismo.

El alcance del presente estudio permite que los inversionistas puedan soportarse en un modelo estadístico para la toma de decisiones en el mercado de valores, al generar una proyección de los precios de cierre del mercado, brindando una aproximación a partir del estudio de la serie de tiempo, sin embargo el mismo es mas eficiente a corto plazo, es decir que dichas proyecciones en el largo plazo no serian tan confiables y cabe resaltar que se deben realizar una serie de adecuaciones a la serie de tiempo para que la misma pueda ser utilizada con la modelación ARIMA.

Por otra parte, el presente trabajo se alinea y aporta las líneas de investigación del programa de Ingeniería Financiera, particularmente la concerniente a la modelación estocástica, debido a que se evidencia la aplicabilidad real del mismo. Por último, el resultado de esta actividad investigativa servirá de guía para futuras investigaciones que deseen seguir el área de pronósticos de series de tiempo ya que, en el acervo de trabajos de grado de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena no cuenta con trabajos que hayan seguido el enfoque, utilizando la metodología de Box & Jenkins (Modelo ARIMA) desarrollado en el presente trabajo de grado.

La principal limitación que se identifica al utilizar la modelación ARIMA es su incapacidad explicativa, es decir que dicha metodología utiliza para su modelación una única variable, por lo cual no existe la posibilidad de relacionarla con otras variables y que tiene poca efectividad en predicciones del mediano y largo plazo, por lo tanto, es necesario descartar las decisiones que involucren este periodo de tiempo.

Sin embargo, a pesar de su limitación, la técnica necesaria soportada por su robustez estadística es realmente útil cuando se realizan predicciones en el corto plazo, sumándole un bajo ratio de coste/eficiencia además de la rapidez, analizando series que pueden tener un fuerte componente estacional, haciéndola idónea para predicciones de valores bursátiles.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Optimizar la toma de decisiones para el sector comercial cotizante en la Bolsa de Valores (BVC) mediante un modelo de proyección.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar una caracterización de la empresa cotizante caso de estudio con el fin de conocer el sector y su participación en la economía colombiana.

2. Desarrollar el modelo de proyección a la empresa caso estudio del sector comercial de la BVC para evidenciar la eficiencia del modelo a partir de los resultados obtenidos.

3. Optimizar la toma de decisiones respecto a la OPA de acuerdo con los resultados obtenidos en el modelo.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Las categorías utilizadas en la presente investigación corresponden a modelos de proyección de series de tiempo, optimización de toma de decisiones y el sector comercial. Estas categorías fueron seleccionadas porque tienen relación directa con el objetivo del proyecto el cual busca optimizar la toma de decisiones para el sector comercial cotizante en la BVC mediante un modelo de proyección, teniendo en cuenta las diferentes situaciones que se puedan presentar en el mercado.

A continuación, se evidencia la bibliografía estudiada relacionada a las categorías de investigación en donde se consideran las contribuciones obtenidas por fuentes tales como libros, artículos y documentos institucionales (trabajos de grado o tesis) para establecer los antecedentes que se relacionan con el tema de la investigación.

2.1.1 Categoría: Modelos de Proyección de Series de Tiempo

Para la primera categoría, existen variedad de alternativas metodológicas para realizar proyección de variables relacionadas con el mercado de valores. En esta categoría se tuvieron en cuenta las fuentes más importantes que aportarán a la teoría y puesta en práctica de modelos de proyección de series de tiempo, para lo cual se tuvieron en cuenta libros, artículos, documentos institucionales y tesis de maestría, y así poder determinar los antecedentes relacionados a la investigación.

2.1.1.1 Libros

Título	Autor	Editorial Año	País	Aporte
Métodos de predicción en Economía (II): análisis de series temporales	Aznar, Antonio	Ariel economía, 1993	Barcelona, España.	El autor realiza una introducción al enfoque paramétrico del análisis de series temporales, además de exponer y explicar los modelos estocásticos de series

				temporales y los modelos estocásticos estacionales. Por otro lado, realiza una explicación detallada del análisis univariante de series temporales: esquema general de identificación y análisis de series temporales y la estimación, chequeo y predicción, para lo cual también considera que puede existir un análisis de intervención y outliers. El aporte a la investigación es el conocimiento y la explicación del funcionamiento y aplicación del análisis univariante de series temporales enfocado en la identificación, estimación, chequeo y predicción ya que, el modelo ARIMA es considerado univariante porque para su modelación utiliza solo una variable.
Pronósticos en los negocios	John E. Hanke Dean W. Wichern	Pearson Educación, 2010 (Novena Edición)	México	El autor expone todo lo relacionado con: - La introducción a los pronósticos en los negocios, - Conceptos básicos estadísticos - Identificación de patrones y técnicas de pronósticos - Métodos de promedios móviles y suavización - Series de tiempo - Regresiones lineales (simple y múltiple) - Regresión con datos de serie de tiempo - La metodología Box-Jenkins (ARIMA) - Pronósticos de juicio y ajuste de pronósticos

				Todo lo anterior con ejemplos de aplicación e implementación de las metodologías. El aporte a la investigación consiste en base de los conocimientos estadísticos previos para la aplicación e implementación de la metodología en el sector comercial, para la optimización de la toma de decisiones utilizando el modelo ARIMA.
Modelos econométricos para el análisis económico	José H. Alonso Javier Z. Rodríguez	ESIC, Editorial 2013	México	Este libro describe claramente que es una serie temporal, los conceptos básicos que fundamentan la identificación del modelo ARIMA, además de describir el proceso para estimar este modelo. Adicionalmente tienen en cuenta las anomalías o inconvenientes que presentan las series de tiempo económicas y, explica el método de modelación de las variables que presentan dichas anomalías dentro del modelo ARIMA. Su aporte a la presente investigación radica en que muestra ejemplos de la vida real de la aplicación del modelo ARIMA, y que tipo de anomalías se pueden presentar en las series temporales económicas con sus soluciones e interpretaciones para este tipo de modelos.

Tabla 1 Libros relacionados con el concepto de modelos de proyección

Fuente: Elaboración propia, 2019

La aplicación de modelos de proyección en series de tiempo económicas ha venido evolucionando a lo largo del tiempo, a tal punto de determinar las características esenciales que debe cumplir la serie de tiempo para una correcta aplicación de una metodología de

proyección basada en la estadística, y lograr resultados eficientes medidos con el cálculo del error del pronostico.

Con relación a los libros mencionados en la tabla No. 1 es necesario destacar el denominado: *Pronósticos en los negocios de los autores Hanke et al,* en donde resaltan la importancia de implementar la modelación ARIMA en el sistema financiero ya que son datos sustentados estadísticamente, además de las ventajas que tiene su utilización en las cuales se destaca el hecho de no necesitar numerosas variables en la serie de datos.

En relación con estos libros consultados, cabe destacar que son una fuente de consulta indispensable debido a que muestran el paso a paso de la aplicación de la metodología Box & Jenkins, y también explica claramente los conceptos para tener en cuenta para una adecuada aplicación e interpretación de los resultados.

En la siguiente tabla se relacionan los diferentes artículos analizados con el fin de nutrir y fortalecer la importancia que tienen los modelos de proyección aplicables al mercado accionario que es bastante útil para la optimización de la toma de decisiones.

2.1.1.2 Artículos

Nombre	Autor	Fuente	Descripción
Modelo ARIMA aplicado al tipo de cambio peso-dólar en el periodo 2016-2017 mediante ventanas temporales deslizantes	Rey Francisco Ayala Christian Bucio	Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época (Vol. 15, Nro. 3, 2020, pp. 331-354)	En este articulo se generaron pronósticos del tipo de cambio peso - dólar utilizando el modelo ARIMA (1,1,1) con un periodo de tiempo desde el 2016 hasta el 2017. Se estimaron diversas maneras de proyección utilizando ventanas temporales deslizantes, así mismo se identificaron existencia de problemas de cambio estructural, proponiendo ajustes al modelo para lograr obtener un mejor pronostico.

			Una vez aplicado el modelo, se evidencio la complejidad de realizar pronósticos con datos cuyo comportamiento es cambiante a través del tiempo, para lo cual los autores recomiendan utilizar mecanismos que ayuden a perfeccionar el pronostico, en este caso, se utilizaron diversas ventanas temporales lo que logro permitir que se obtuviera un pronostico viable en el corto plazo. Se destaca el aporte a la presente investigación ya que muestra que se realizaron diferentes mecanismos que permitieron convertir la serie económica volátil, para poderla aplicar adecuadamente al modelo ARIMA.
Pronóstico del precio de la energía de Colombia utilizando modelos ARIMA con IGARCH	Alberto Muñoz Jaime Urquijo Aníbal Castro Jahir Lombana	Revista de Economía del Rosario Vol. 20, Nro. 1, pp. 127-159 (2017)	En este articulo se describe el precio de la energía en bolsa como uno de los commodities con más volatilidad en mercados mundiales, lo cual hace que intentar proyectar esta variable sea todo un reto, pues intervienen diversos factores como por ejemplo el clima, los precios del petróleo, la correlación existente entre la demanda de energía y el Producto Interno Bruto (PIB), entre otros, siendo esto causante de cierto modo de la volatilidad del precio en bolsa. Por tal razón se implemento el modelo ARIMA con IGARCH para pronosticar el precio de la energía en Colombia, para lo cual se logro concluir que es útil predecir con el modelo ARIMA siempre y cuando la serie de tiempo cumpla con las características explicadas por Box & Jenkins y para esta acción en particular fue más complicado debido a los datos atípicos que pueden generar los factores que intervienen, mencionados anteriormente, para lo cual fueron utilizaron los modelos ARCH y GARCH. La serie de tiempo utilizada para dicha predicción fue una serie creada con base en el valor promedio del

			precio de cierre de los treinta días de cada mes desde enero 2004 hasta diciembre 2016. Este articulo sirvió de fuente teórica como practica, debido a la implementación de la modelación ARIMA junto con modelos GARCH, ya que para poder aplicar esto ultimo se debe haber identificado el modelo ARIMA más optimo a una acción volátil cotizante de la BVC, además de que la base de datos inicial puede ser transformada para obtener los mejores resultados, logrando identificar factores atípicos que pueden afectar la eficiencia del pronostico.
Estimación del precio internacional del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el modelo ARIMA	Samuel Gustavo Ceballos Reinaldo Pire (Ceballos & Pire, 2015)	Revista mexicana de ciencias agrícolas Nro. 11, pp.2083-2089 (2015)	El articulo muestra que los productos del sector agroalimentario tienen una característica principal que los caracteriza, la cual es la volatilidad de los precios generada por diversos factores tales como lo son la oferta, la demanda, el crecimiento de la población, algunas variables biológicas y los fenómenos naturales que afectan la productividad ya que, el mercado responde a las demandas de consumidores y productores. Para la estimación del precio internacional del arroz que se mostro en el articulo, se utilizó la metodología Box-Jenkins a fin de aplicar el modelo econométrico ARIMA (1,0,1), para ajustar el comportamiento de la serie de tiempo de los precios internacionales del arroz durante el período comprendido entre junio 2002 a noviembre 2014, con el fin de optimizar la toma de decisiones basado en pronósticos confiables de la variable econométrica precios. Como conclusión se obtienen resultados eficientes y el modelo fue bastante útil a la hora de predecir los

			precios del arroz, ya que refleja el comportamiento del proceso estocástico generado por la serie de datos. Este articulo muestra una aplicación real de la metodología Box & Jenkins en el sector real y además muestra como dicha metodología funciona eficiente mente en el pronostico de precios para optimizar la toma de decisiones.
Pronóstico con Modelos ARIMA para los casos del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y la Acción de América Móvil (AM)	Rosa María Domínguez Gijón Adriana Zambrano Reyes	*Memoria del XXI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría* ISBN México, pp.303-317 (2011) Edición académica sin fines de lucro.	En este articulo se utiliza la metodología ARIMA permitiendo el estudio de las series de tiempo del IPC y el precio de cierre de la acción de América Móvil de México, para estudiar las propiedades de los modelos propuestos, escoger el mejor modelo y evaluar su desempeño. Como conclusión del articulo y aporte a esta investigación se obtuvo que la implementación de esta metodología tiene una gran ventaja para la manipulación de series univariadas ya que, la metodología Box-Jenkins representa una herramienta útil y sencilla, además de que los residuos de la serie proveen gran información al modelo. Por otro lado, exponen las limitaciones del modelo ARIMA en donde se afirma que el mismo no debe ser utilizado para pronósticos en el largo plazo, debido a que estos se desempeñan mejor en el corto plazo.

Tabla 2 Artículos relacionados con el concepto de modelos de proyección

Fuente: Elaboración propia, 2020

Se logra identificar que existen diversidad de aplicaciones del modelo ARIMA a variables financieras y económicas que no necesariamente están todas enfocadas en el mercado bursátil, con el fin pronosticar y estimar dichas variables univariadas, logrando obtener pronósticos aceptables y eficientes, siempre y cuando se genere un adecuado análisis y si es necesario una correcta transformación de la serie de tiempo. Por lo anterior, es necesario destacar la aplicación de la metodología en diferentes países, evidenciando que han

ayudado a la toma de decisiones, es decir que la misma ha sido fuente de optimización en la toma de decisiones.

Los artículos mencionados en la tabla No. 2, muestran la importancia y el valor agregado que tiene la modelación ARIMA al ser una herramienta útil y fácil de utilizar, una vez se comprenden los datos y se analizan los resultados de error, para obtener pronósticos confiables estadísticamente. Además, se destaca la limitación de dicha modelación ya que, es eficiente en el corto plazo, pues cada vez que se aumenta el periodo de tiempo del pronóstico también aumenta el intervalo de confianza según el nivel de significancia.

En el artículo llamado: *Pronóstico del precio de la energía de Colombia utilizando modelos ARIMA con IGARCH de Alberto Muñoz, Jaime Urquijo, Aníbal Castro, Jahir Lombana*, explica claramente la aplicación de la metodología haciendo un análisis previo de la serie de tiempo que permita identificar datos atípicos, y las respectivas transformaciones de la serie de tiempo respecto a frecuencia y temporalidad para hacer mas efectiva la aplicación del modelo ARIMA, que en este caso fue mucho mas eficiente al agruparlo con la metodología GARCH, también destaca la importancia de dichas predicciones en el mercado.

Por otro lado, en la revisión de los antecedentes que se relacionan a documentos institucionales, se propone la siguiente tabla resumen, con el fin de identificar claramente los aportes relevantes que brindan estas investigaciones, los cuales permiten fortalecer la investigación planteada, analizando las diferentes aplicaciones de modelos de proyección y ver cómo los mismos aportan en gran medida en la solución de una necesidad.

2.1.1.3 Documentos institucionales (trabajos de grado y tesis)

Institución	Autor – Año	Titulo	Aporte
Universidad Piloto de Colombia (Sede Bogotá)	José R. Maciado. (2013)	Desempeño de la técnica de redes neuronales artificiales, frente a los modelos de	En el trabajo de grado de Maciado se hace la comparación de un modelo no lineal de redes neuronales con un modelo ARIMA-GARCH, de lo cuas se obtiene mejores resultados con

		series de tiempo ARIMA-GARCH en la predicción de los precios de la acción de Bancolombia	la modelación realizada con la red neuronal, sin embargo, la diferencia medida por los errores de los modelos no es muy significativa. El documento institucional permite identificar el paso a paso de la proyección del precio de la acción Grupo Bancolombia para la modelación ARIMA-GARCH, aportando a la presen te investigación en la teoría y la práctica ya que, permite relacionar características del paso a paso que exige la metodología de Box-Jenkins, lo que la hace un documento fuente de gran importancia, validando el mismo con el error obtenido del modelo.
Universidad de Coruña España	Veiga R, Teresa. (2018)	Proyecciones del PIB de Galicia a partir de modelos estadísticos	El objetivo principal del trabajo para obtener el Máster de técnicas estadísticas era el de obtener un modelo que ayudara a proyectar el precio del Producto Interno Bruto de Galicia, España, en donde se revisaron dos metodologías entre las cuales se encontraba la modelación ARIMA (metodología de Box-Jenkins), llegando a la conclusión que se debió ajustar el modelo de regresión dinámica para lograr obtener una proyección muy certera frente a la realidad. Uno de los aportes mas importantes es que el documento permite entender de manera clara la metodología Box-Jenkins para poder proyectar la serie de tiempo adecuadamente, así como las correcciones respectivas que concierne a las series de tiempo tales como la descripción de las variables y los modelos ARIMA, con su procedimiento y aplicación.

			También proporciona explicación del paso a paso para entender el funcionamiento de la metodología y la importancia de la aplicación práctica con series de tiempo en el sistema financiero.
Fundación Universitaria los Libertadores – Programa de Estadística Aplicada	Jenny Alejandra Ardila Edith Ávila (2017)	Construcción de una Metodología Empleando la Herramienta R para Estimar Valores de los Activos Bancolombia, Bogotá y Occidente con Modelos Arima	El trabajo de grado de Ardila & Ávila (2017) se enfoco en la estimación de valor futuro de los activos de las empresas Bancolombia, Banco de Bogotá y Banco de Occidente mediante el modelo ARIMA, empleando como herramienta de aplicación el software R. Esto debido a que en finanzas las acciones varían diariamente, bajando o subiendo su valor económico, por lo que se buscaba obtener la mejor estimación. Una vez aplicada la metodología para las tres acciones escogidas, se evaluó la normalidad que presentaban los residuales de las series de las tres empresas para posteriormente analizar los intervalos que se ajusten a los datos reales. Como conclusión del trabajo de grado efectuado por Ardila y Ávila y como aporte a la presente investigación, se identificó que la efectividad de la predicción de la serie de tiempo depende del pasado de la serie ya que, al contar con la simulación de los datos pasados se supone que el futuro tendrá un comportamiento similar, sin embargo, lo mismo funciona mejor en el corto plazo.
Pontificia Universidad Javeriana – Facultad de Ciencias	Carlos Mario García Díaz (2014)	Predicción del Comportamiento de la Rentabilidad de la Acción de Isagen, a partir de la Técnica de	El trabajo de grado de García (2014) se enfoco en determinar y evaluar el desempeño de un modelo de red neuronal artificial autorregresiva, midiendo los resultados de esta en términos de error de pronostico frente

Económicas y Administrativas – Maestría en Economía		Redes Neuronales Artificiales	al desempeño del mejor modelo ARIMA y un ARIMA GARCH, teniendo en cuenta como serie de tiempo la rentabilidad de la acción ISAGEN que cotiza en el mercado colombiano. Como conclusión se obtuvieron mejores resultados con el modelo de red neuronal autorregresiva, debido a que la misma presentó mejor margen de error en función de los errores de pronóstico, sin embargo al compararlo con el mejor modelo ARIMA y el mejor modelo ARIMA GARCH estimados no se obtuvieron diferencias significativas, por lo que el autor decidió realizar una prueba de capacidad predictiva, basada en Diebold y Mariano (1995), entre los dos mejores modelos: el RNA y el ARIMA GARCH, determinando que no existió una diferencia significativa en la capacidad predictiva. Este trabajo aporta teóricamente bastantes conceptos para la aplicación e implementación del modelo ARIMA en el presente trabajo, además de brindar diferentes medidas de error en capacidad predictiva para evaluar el mejor modelo.
Universidad de Jaén – Estadística e Investigación Operativa	Francisco Solano Molina Cárdenas (2020)	Análisis econométrico del IPC nacional mediante series temporales	En este trabajo de grado Molina (2020) analizó la evolución del Índice de Precios al Consumo (IPC) de España, basándose en un periodo de tiempo que contempla el período de enero del 2000 hasta febrero de 2020, utilizando una base de datos del IPC ajustada. Para dicho análisis se utilizaron los modelos autorregresivos de tipo ARIMA de la

			metodología de Box-Jenkins, realizando el ajuste y validación de un modelo de series temporales de tipo SARIMA, logrando identificar el mejor modelo, siendo el mismo un modelo optimo para realizar predicciones fiables del IPC para los futuros meses a partir de la última observación.
Universidad Complutense de Madrid	Celia Calvo Raquel Blanco (2019)	Predicción de valores en mercados financieros	Parea el trabajo de Calvo & Blanco (2019), se buscaba comparar dos modelos con el fin de predecir los índices CCMP Index Open (Nasdaq Composite) y NKY Index Open (Nikkei 225) y se realizaron experimentos de predicción con distintos métodos de regresión tales como regresión Lineal, gradient boosting regressor, random forest regressor y voting regressor, utilizando como serie de tiempo los incrementos en lugar de los valores reales, y por ultimo se utilizan las redes neuronales de percepción multicapa con backpropagation. Una vez aplicados todos los modelos, se procedió a comparar y analizar los resultados de todos estos métodos a través de las medidas de error típicas concluyendo que tanto ARIMA como Naïve dieron resultados aceptables ya que, en algunos casos los valores bursátiles se pudieron predecir considerablemente bien a partir del histórico de él mismo. Por otro lado, las series en las que mejor resultado se puede obtener en ARIMA son en las que predominaba una tendencia lineal, y si se llega a utilizar otros valores pertenecientes al conjunto de datos que no formen una serie con tendencia lineal, los

			errores de las predicciones de los métodos lineales tendrán una diferencia con el error un poco mayor, ya que existe mayor sesgo en la predicción. Este trabajo de grado aporta enormemente a esta investigación debido a que se aplican diversas metodologías, explicando las diferencias o similitudes que pudieran tener, destacando el buen funcionamiento de predicción de la modelación ARIMA ya que la misma puede calificarse como un método sencillo de implementar pues existen funciones como auto. arima que hace diversas iteraciones de modelación hasta que arroja como resultado el mejor modelo basado en el menor error AIC.

Tabla 3 Documentos institucionales relacionados con el concepto de modelos de proyección

Fuente: Elaboración propia, 2020

En los documentos revisados de acuerdo con la tabla No. 3 se puede evidenciar que, a la fecha, se ha venido consolidando un importante estado del arte respecto a los pronósticos de variables en el mercado bursátil, que esté compuesto por diferentes conceptos como lo son perspectivas teóricas, modelaciones y metodologías que han otorgado un mejor entendimiento al respecto.

Se evidencia, que se están implementando modelos sustentados estadísticamente que ayudan a predecir variables del sistema financiero, como lo son precios de cierre de acciones, variables macroeconómicas como el Producto Interno Bruto (PIB), Índice de Precios del Consumidor (IPC), índices bursátiles, entre otras que han ayudado a robustecer los soportes técnicos de las predicciones, relacionado con los objetivos de esta investigación.

Es pertinente resaltar el trabajo de grado *Predicción del Comportamiento de la Rentabilidad de la Acción de Isagen, a partir de la Técnica de Redes Neuronales Artificiales*

de Carlos Mario García Díaz, ya que en el mismo se logra evidenciar la aplicación de tres metodologías para predicción del precio de la acción Isagen (ARIMA, ARIMA-GARCH y RNA), obteniendo los mejores resultados medidos en el error de la RNA. Sin embargo, con diferencias no significativas frente a los otros modelos, esto se debe al análisis inicial de la serie de tiempo.

Por otro lado, también es pertinente resaltar el trabajo de grado *Predicción de valores en mercados financieros de Celia Calvo y Raquel Blanco*, ya que en el mismo se realizó la predicción de índices bursátiles aplicando diversas metodologías, de lo cual se obtuvieron resultados favorables del modelo ARIMA aplicado, resaltando la predicción del corto plazo y la identificación de una tendencia lineal.

Los conceptos que ofrecen las entidades institucionales mencionadas anteriormente permiten evidenciar que el modelo ARIMA, es una forma eficiente de pronosticar variables que tienen un sustento objetivo y técnico aportando a una predicción eficiente siempre y cuando se interpreten de manera adecuada los datos. También se logra evidenciar que el modelo ARIMA, dependiendo de la información con la que se cuente se puede implementar junto con otras variaciones de modelos de acuerdo con la necesidad como lo son los modelos SARIMA, ARIMA CON GARCH, ARCH, entre otros.

Por último, es necesario resaltar, que es cada vez es más usual diseñar metodologías que permiten una proyección óptima como lo es hoy en día la inteligencia artificial aplicada al sistema financiero, que también se está implementando al mercado de valores, cuyas proyecciones pueden tener menos coeficiente de error lo que la hace más completa gracias a que dicha metodología se enfoca en regresiones no lineales.

2.1.2 Categoría: Optimización

A continuación, se muestra la bibliografía consultada con relación a la segunda categoría de investigación denominada optimización en donde se consideraron los aportes obtenidos

por libros, artículos y documentos institucionales, para conocer y determinar los antecedentes relacionados al tema de investigación.

2.1.2.1 Libros

Título	Autor	Editorial Año	Aporte
Cómo Desarrollar una Estrategia de Trading Rentable: Por qué Deberías Hacer lo Contrario de lo que la Mayoría de Traders Intentan Hacer	Heikin Ashi Trader	Splendid Island (2018)	Este libro menciona que "la verdadera optimización ocurre en la capacidad del trader para reconocer y minimizar las operaciones perdedoras a tiempo. Si el trader logra cerrar, por ejemplo, el 30% de estas posiciones anticipadamente, se obtendría el resultado deseado". (Ashi, 2018) Es decir que si se logra obtener un mínimo del 30% de las posiciones adecuadas en la estrategia de inversión establecida por el trader se puede llegar a obtener optimización de la toma de decisiones, porcentaje que se calcula en base a los valores reales.
100 días de Backtesting Sistema Ganador Trading	Florina Haralambie	Publicación independiente (2020)	Este libro es muy importante para tenerlo en cuenta en el presente trabajo de investigación ya que define el backtesting en trading, explica como se debe hacer un backtesting en un sistema de trading y aporta recomendaciones respecto a que el tiempo debe ser el mismo basados en la estrategia de inversión Adicionalmente, explican que el backtesting es una de las herramientas clave para entender el comportamiento del mercado financiero y confiar en el potencial del inversionista como operador en el mercado bursátil.

Tabla 4 Libros relacionados con el concepto de optimización

Fuente: Elaboración propia, 2020

En los libros revisados en la tabla No. 4. se puede evidenciar que, para evaluar la optimización, en el mercado bursátil, existe una técnica denominada backtesting que consiste

básicamente en verificar y probar la eficiencia de un modelo de predicción en particular, intentando determinar si las conclusiones arrojadas por el modelo son acertadas.

De lo anterior, se encontraron libros que proponen la optimización de trading basados en una estrategia de inversión robusta, teniendo en cuenta diferentes acciones y diversos modelos, proponiendo como realizar un backtesting para evaluar modelos que permitan transar en el mercado.

2.1.2.2 Documentos institucionales

Institución	Autor – Año	Titulo	Aporte
Universidad Pontificia Comillas	Isabel Martin Hinojosa (2018)	El trading algorítmico en los mercados financieros Estrategia Basada en la Volatilidad de los Precios de las Opciones	Este trabajo de grado tiene como objetivo principal el diseño, la implementación y la validación de una estrategia propia de trading algorítmico que esta basada en la volatilidad de los precios de las opciones mediante el uso del programa Python. Las estrategias de optimización de trading que el autor decidió utilizar fue el backtesting, Walk forward y paper traiding. Este trabajo de grado aporta a la presente investigación debido a que un método de optimización de trading es realizar backtesting que consiste en comprobar los cálculos de las variables estimadas comparados con los datos históricos.

Tabla 5 Documentos institucionales relacionados con el concepto de optimización

Fuente: Elaboración propia, 2020

Respecto a la optimización de la toma de decisiones en el mercado bursátil, se revisaron las bibliotecas electrónicas Scielo, Redaluc, Pubmed, Google Académico, entre otros, y no se encontraron investigaciones que se relacionen directamente con la optimización de la toma de decisiones en el mercado bursátil, sin embargo de acuerdo con la tabla No. 5 la misma puede llegar a estar intrínseca en la determinación de un backtesting, debido a que consiste

en devolverse periodos de tiempo atrás y realizar una predicción basado en algún modelo, según el autor decida, y evaluar que tan acertadas son las variables estimadas.

Una vez que tan acertadas son las predicciones se tiene cierta confiabilidad en el modelo propuesto para posteriormente tomar una decisión. Es decir que a pesar de que en el presente trabajo no se cuenta con un amplio portafolio con diversas estrategias de inversión en el mercado bursátil, se busca optimizar la toma de decisiones de un momento en particular, por lo que dicha optimización esta dada en la comparación de los valores reales contra las posibles posiciones que, para este caso particular, son las predicciones que arroje el modelo.

2.1.3 Categoría: Sector Comercial

A continuación, se muestra la bibliografía consultada con relación a la tercera categoría de investigación denominada sector comercial en donde se consideraron los aportes obtenidos por informes, para conocer y determinar los antecedentes relacionados al tema de investigación.

2.1.3.1 Informes

Institución	Autor – Año	Titulo	Aporte
Gobierno de Colombia	Ministerio de Industria y Comercio (2019)	Informe de Gestión Sector comercio Industria y Trurismo	En este informe se detalla la gestión del Ministerio y las entidades del sector comercio, industria y turismo ya que se cumplieron varios objetivos como sector, entre los cuales se destaca: - Es el cuarto país mas competitivo de América Latina (Índice WEF) - Es un sector cada ves mas atractivo para la inversión financiera. Este informe permite identificar que el sector comercio es uno de los mas atractivos para inversión, recalcando su importancia en la economía colombiana.

Superintendencia de la Economía Solidaria - Supersolidaria	Superintendencia de la Economía Solidaria - Supersolidaria	Sectores Economicos e Impacto Cooperativas de Ahorro y Crédito	En este informe se identifican los sectores económicos que participan en el PIB, resaltando que para el II Trimestre 2019 el sector comercial es el que tiene mayor contribuyo al indicador económico. También se identifican los sectores económicos en el empleo en el trimestre móvil de enero a marzo 2020 en donde la actividad de comercio y reparación de vehículos cuenta con el mayor porcentaje de ocupación siendo este el 18,5%. En este informe se destacan las participaciones de los diferentes sectores de la economía en diferentes aspectos macroeconómicos y nacionales.
Superintendencia de Sociedades	Superintendencia de Sociedades (2020)	Comportamiento de las 1.000 empresas mas grandes del sector real, por ingresos operacionales	Este informe muestra el comportamiento de la economía colombiana en el año 2018 – 2019, poniendo como primer indicador el PIB, que creció en un 3,3% gracias al crecimiento de las actividades financieras y de seguros (5,7%), administración publica, defensa y educación y salud (4,9%) y Comercio al por mayor y al por menor (4,9%). Por otro lado, analiza los resultados por sector económico del año 2019, con lo cual concluye que los ingresos operacionales de las 1.000 empresas mas grandes, se encuentra en segundo lugar el sector comercial. La distribución por numero de las mil empresas mas grandes por sector, ubica al sector manufactura en primer lugar con 299 empresas y al sector comercio en segundo lugar con 287 empresas. Este informe resulto de gran ayuda en la presente investigación ya que otorga datos reales del sector comercial en el país y permite hacer una mejor caracterización de este.

Tabla 6 Informes relacionados con el concepto sector comercial

Fuente: Elaboración propia, 2020

De acuerdo con la tabla No. 6, en los informes revisados relacionados con el sector comercial, se evidencia que este sector es bastante relevante en el país, cifras que se contrastan con la participación de este en el Producto Interno Bruto (PIB) y también contrasta la relevancia del sector comercial ya que, 287 empresas de las 1.000 mas grandes de Colombia pertenecen a este.

Es pertinente resaltar el informe *Comportamiento de las 1.000 empresas mas grandes del sector real, por ingresos operacionales de la Superintendencia de Sociedades*, ya que en el mismo se lista el ranking de las 50 empresas mas grandes por ingresos operacionales en el año 2019, ubicando allí a la empresa caso de estudio de la presente investigación, Almacenes Éxito S.A, en quinto lugar, lo que resalta considerablemente la participación de la empresa caso de estudio en el sector comercial del país.

2.2 Marco teórico

A continuación, se mostrará el detalle de las categorías de esta investigación relacionada con la revisión documental teórica que permiten su sustentación y se evidenciará el aporte que han otorgado a los diferentes campos de estudio y por ende al sector comercial, de igual manera se mostrará su contribución durante el desarrollo de la presente investigación.

Las categorías de investigación del presente trabajo de grado son: modelos de proyección de series de tiempo, optimización de toma de decisiones y el sector comercial, que se relaciona con la empresa caso de estudio.

Cabe resaltar la importancia de la selección de dichas categorías, fundamentando su teoría con los aportes que han brindado el tema en diferentes campos de estudio, conociendo aspectos generales para obtener una comprensión más amplia que permitan dar a entender la importancia del desarrollo e implementación de los modelos de proyección de series de tiempo con el fin de optimizar la toma de decisiones, además de que se relacionan a la

presente investigación en busca de satisfacer una necesidad puntual evidenciada en el sector comercial que cotiza en el mercado accionario.

Por lo que en el siguiente apartado se sustenta la base teórica de las categorías de la investigación con el fin de identificar los aspectos generales que fortalezcan la comprensión del presente estudio y resaltar la importancia de la implementación de modelos estadísticos de proyección en el mercado accionario para identificar estrategias de inversión en busca de tener un sustento sólido a la hora de tomar decisiones de inversión.

2.2.1 Modelos de Proyección de Series de Tiempo

Enfoque de la predicción del mercado de acciones

A partir de las teorías de camino aleatorio y la hipótesis del mercado eficiente, han surgido dos análisis distintos respecto a la manera en que se realizan negociaciones en los mercaros bursátiles ya que, uno de los objetivos de un inversionista y/o analista en el mercado financiero es conocer y analizar la situación del mercado, lo cual puede hacer utilizando diversas técnicas, bien sea mediante las noticias económicas que permitan dar un enfoque global del mercado o analizando el movimiento del mercado, permitiéndole identificar patrones de conducta. Estos dos análisis son el análisis técnico y el análisis fundamental.

El principal objetivo de los análisis mencionados es intentar predecir el comportamiento de los precios de un activo o titulo durante un periodo determinado, sin embargo, estos tipos de análisis tienen grandes diferencias en cuando a sus fundamentos y metodologías.

Análisis fundamental:

El término análisis fundamental fue incluido por Benjamin Graham y David Doss en el año 1934, gracias a su libro Security Analysis, y se puede definir, según Morales y Pantanetti (2019) como: “El análisis fundamental es un enfoque analítico de elementos cualitativos y

cuantitativos, basado en un estudio económico-financiero, con el fin de establecer criterios de valoración de activos" (p. 10).

Entonces, el análisis fundamental se realiza teniendo en cuenta la economía en general es decir que, intenta calcular el valor de un titulo analizando estados financieros, así como diversos factores tanto políticos como económicos, partiendo de la creencia inicial de que el precio de los títulos no tiene que ser necesariamente representativo de su valor, sino que el mismo se mueve en diferentes direcciones, lo cual depende del actor que participa y que toma decisiones en el mercado influenciado por la información disponible en el entrono, ya sea por decisiones políticas, económicas o por criterios de oportunidad.

Análisis técnico:

El análisis técnico es conocido porque se estudian principalmente los gráficos para obtener una proyección que de acuerdo con la definición de Murphy (2003) afirma:

> El estudio de los movimientos del mercado, principalmente mediante el uso de gráficos, con el propósito de pronosticar las futuras tendencias de los precios. La expresión "movimientos del mercado" incluye las tres fuentes principales de información disponibles para el técnico: precio, volumen e interés abierto (el interés abierto se usa solo en futuros y opciones). (p. 27)

Por otro lado, el análisis técnico cuenta con una filosofía o también llamado un fundamento lógico el cual es: "El enfoque técnico se basa en tres premisas:

1. Los movimientos del mercado lo descuentan todo
2. Los precios se mueven por tendencias
3. La historia se repite" (Murphy, 2003, p. 28).

Una de las principales diferencias entre el análisis fundamental y el análisis técnico, de acuerdo con Milani (2019) se debe a que: "el análisis técnico no examina el negocio y los índices presupuestarios, pero centra su atención en los precios y grafico que informan las fluctuaciones de la misma" (p. 5).

Por otro lado, bajo la necesidad del entorno de predecir los movimientos del mercado bursátil, incluyendo como ventaja la era de la tecnología que facilita la disposición de la información, ha surgido un tipo de análisis informalmente denominado análisis cuantitativo o trading cuantitativo que de acuerdo con Castany (2019) es: "una aproximación a los mercados basada en el análisis de variables numéricas que se pueden cuantificar aplicando métodos matemáticos y estadísticos para general beneficios de forma consistente, fruto de la aplicación sistemática de una estrategia determinada" (p. 11).

Por lo anterior se puede decir que desde que existen los mercados, el hombre ha especulado de diferentes formas y ha tratado de pronosticar los precios de las acciones con el objetivo principal de obtener rentabilidad de sus inversiones, sin embargo, gracias a la tecnología y a la disposición de la información, es posible generar pronósticos soportados estadísticamente.

Serie de tiempo

La definición de serie de tiempo corresponde a: "Una serie temporal es una secuencia ordenada de observaciones cada una de las cuales esta asociada a un momento de tiempo" (González, 2009, p. 1). Es decir que una serie de tiempo representa datos estadísticos que se recopilan y se registran en intervalos de tiempo regulares, bien sea diario, semanal, mensual, anual, entre otros, y se evidencian en ejemplos como los precios diarios de las acciones, el PIB, el consumo mensual de un producto, etc.

Los modelos de series temporales pueden ser univariante, lo que significa que solo permite analizar una serie temporal basada en su pasado, o puede ser multivariante que analiza varias series temporales a la vez. Para esta investigación no centraremos en las series temporales univariante.

a) Componentes de una serie temporal:

Componente tendencia: es el comportamiento a largo plazo de la serie, es decir que consiste en las variaciones de la propia serie, que son consideradas como consecuencia de fuerzas persistentes, que afectan el crecimiento o reducción de esta.

Componente estacional: es el comportamiento periódico de la serie, o también se puede definir como los movimientos de oscilación dentro de un año.

Componente aleatoria o irregular: son variaciones aleatorias alrededor de los dos componentes anteriores.

b) Clasificación descriptiva de las series de tiempo:

Estacionaria: Una serie se considera estacionaria cuando es estable a lo largo del tiempo, es decir que su media y su varianza son constantes en el tiempo.

No Estacionaria: Una serie se considera no estacionaria cuando la tendencia y/o variabilidad cambian en el tiempo, es decir que los cambios de la media determinan una tendencia, bien sea creciente o decreciente, en el largo plazo, por lo que los datos no oscilan alrededor de un valor constante.

Proceso Estocástico:

Las definiciones de un proceso estocástico son: "El proceso estocástico es un conjunto de variables aleatorias que dependen de un parámetro o de un argumento. En el análisis de series de tiempo el argumento es el tiempo t" (Pérez R, 2007, p. 13).

Pérez R (2007) afirma: "Un proceso estocástico es una familia de variables aleatorias {Yt}, donde t denota el tiempo n tales que para cualquier elección finita de valores t,t1,t2,…,tn existe la distribución de probabilidad conjunta correspondiente a variables aleatorias Yt1, Yt2, …, Ytn" (p. 14).

Proceso estocástico estacionario

Los análisis que se realizan a las series temporales tienen como objetivo utilizar la teoría que existe de los procesos estocásticos, para determinar el tipo de proceso estocástico que genera la serie con el fin lograr establecer características de su comportamiento y predecir el futuro, para esto es necesario que la estructura de probabilidad del proceso sea estable en el tiempo.

Es por esto por lo que una de las filosofías principales de la predicción es que se aprende del comportamiento pasado de la serie y se proyectan hacia el futuro, por lo que se requiere que el proceso estocástico cuente con cierta estabilidad para predecir, a esto se le conoce como estacionariedad la cual se puede clasificar en términos de la función de distribución en el momento del proceso, así: en estacionariedad en sentido estricto y estacionariedad en covarianza.

Estacionariedad estricta:

De acuerdo con González (2009) la estacionariedad estricta es:

> Un proceso estocástico, Y_t , es estacionario en sentido estricto si y solo si:
>
> $$[Y_{t1}, Y_{t2}, \dots, Y_{tn}] = F[Y_{t1+k}, Y_{t2+k}, \dots, Y_{tn+k}]$$
>
> es decir, si la funcion de distribucion de cualquier conjunto finito de n variables aleatorias del proceso no se altera si se desplaza k periodos en el tiempo. (p. 13)

Estacionariedad en covarianza

Un proceso estocástico, Y_t, es tiene estacionariedad en covarianza si cumple con los siguientes aspectos, que de acuerdo con González (2009) son:

1. Estacionariedad en media, es decir que las variables aleatorias del proceso tienen la misma media y es finita: $E(Y_t) = \mu < \infty$

2. Misma varianza y es finita, es decir, que la dispersión en torno a la media constante a lo largo del tiempo es la misma para todas las variables del proceso: $V(Y_t) = E[Y_t - \mu]^2 = \sigma_Y^2 < \infty$

3. Las auto covarianzas solo dependen del número de periodos de separación entre las variables y no del tiempo, es decir, la covarianza lineal entre dos variables aleatorias del proceso que disten k periodos de tiempo es la misma que existe entre cualesquiera otras dos variables que estén separadas también k periodos, independientemente del momento concreto de tiempo al que estén referidas: $cov(Y_t\, Y_s) = E[Y_t - \mu][Y_s - \mu] = \gamma|t - s| = \gamma_k < \infty$

En relación con lo anterior, González (2009) afirma: "Si un proceso estocástico es estacionario en covarianza y su distribución es normal, es estacionario en sentido estricto" (p. 13).

Proceso Ruido Blanco o modelo aleatorio simple:

El proceso de ruido blanco es uno de los mas sencillos que existen en un proceso estocástico y se definen como: "El proceso estocástico mas sencillo es el denominado Ruido Blanco que es una secuencia de variables aleatorias de media cero, varianza constante y covarianzas nulas" (González, 2009, p. 18).

Por otro lado, las características descritas anteriormente se representan con las siguientes ecuaciones, que de acuerdo con González (2009) se denotan:

$E(Y_t) = 0$ Media cero

$Var(Y_t) = \sigma^2$ Varianza constante

$Cov(Y_t, Y_{t+h},) = 0, h = \pm 1, \pm 2$ Covarianza nula (incorrelacionada).

A continuación, se representa gráficamente un proceso de ruido blanco:

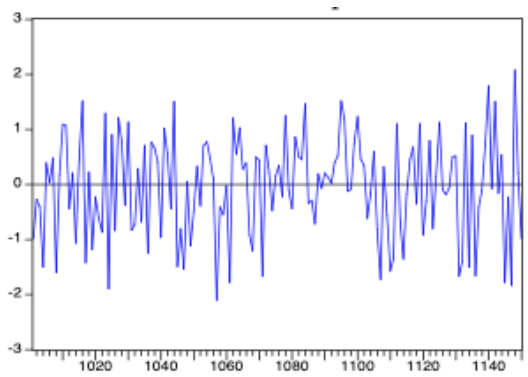

Gráfico 2 Ejemplo gráfico de un ruido blanco

Fuente: *(González, 2009, p. 18)*

En el gráfico No. 2 se observa una serie cuya media tiende a cero, además cuenta con dispersión constante que no corresponde a ningún patrón de movimiento, lo que significa que está incorrelacionada.

<u>Modelos Autorregresivos AR(p)</u>

Un modelo autorregresivo se define como: "Un *modelo autorregresivo* expresa un pronóstico como una función de valores previos de la serie de tiempo" (Hanke & Wichern, 2010, p. 357). Es decir que, un modelo AR describe el proceso en que las observaciones en un momento dado son predecibles a partir de las observaciones previas del proceso mas un termino de error.

Proceso AR(p)

De acuerdo con Hanke & Wichern (2010) los procesos AR (p) son:

Un proceso autorregresivo de orden *p* tiene la siguiente estructura:

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \cdots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

En donde:

$Y_t =$ variable de respuesta (o dependiente) en el tiempo *t*

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = variable de respuesta en los retrasos de tiempo t-1, t-2, …, t-p, respectivamente; estas Y desempeñan el papel de variables independientes.

$\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ = coeficientes que serán estimados.

ε_t = término de error en el tiempo t, el cual representa los efectos de variables no explicadas por el modelo; los supuestos acerca del término de error son los mismos que los del modelo de regresión estándar. (p. 404)

Proceso AR (1)

De acuerdo con De la Fuente. (s.f.) establece que el caso mas simple de un modelo autorregresivo corresponde al de primer orden o ARIMA (1,0,0) cuya expresión matemática corresponde a $AR_{(1)} = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$. Lo anterior significa que el ARIMA tiene un autorregresivo, ninguna diferenciación y ninguna media móvil.

<u>Modelos de Medias Móviles MA(q)</u>

Por otro lado, los modelos de medias móviles se definen como: "El modelo de medias móviles de orden finito q, MA(q), es una aproximación natural al modelo lineal general" (González, 2009, p. 31).

<u>Proceso MA(q)</u>

De acuerdo con Hanke & Wichern (2010) un proceso MA(q) es:

Un modelo de promedio móvil de q-ésimo orden tiene la forma:

$$MA_{(q)} = Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \cdots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

En donde:

Y_t = variable de respuesta (dependiente) en el tiempo t

μ = promedio constante en el proceso

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$ = coeficientes que se estimarán

ε_t = término de error, el cuál representa los efectos de las variables no explicadas por el modelo; los supuestos acerca del término de error son los mismos que aquellos del modelo de regresión estándar

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ =errores en periodos anteriores que, para el tiempo t, se incorporan a la respuesta Y_t. (p. 405)

<u>Proceso MA (1)</u>

De acuerdo con González (2009) el proceso MA (1) permite determinar el valor de Y en el momento t en función del primer retardo y cuenta con la siguiente forma $MA_{(1)} = Y_t = \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1}$.

Adicionalmente, de acuerdo con González (2009) los procesos de medias móviles usualmente suelen ser denominados procesos de memoria corta, mientras que los autorregresivos se les denomina procesos de memoria larga, esto se debe a que como se puede observar en la estructura de correlación del modelo MA (1), representa que el error aparece en el sistema en el momento t e influye en Yt y Yt+1, por lo que su memoria es de un solo periodo. Mientras que en el proceso autorregresivo el error Et aparece en el momento t, influye en Yt y a traves de Yt en las futuras observaciones, permaneciendo su influencia en un periodo mas largo.

<u>Modelos de Promedio Móvil Autorregresivos ARMA (p, q)</u>

Los modelos ARMA únicamente permiten la modelación de series estacionarias, lo que significa que las variables independientes cuentan con una tendencia estocástica mientras que los modelos ARIMA pueden ser utilizadas series de tiempo tanto estacionarias como no estacionarias. Una definición dada por Hanke & Wichern (2010) es:

Un modelo con términos autorregresivos se puede combinar con un modelo que tenga términos de promedio móvil para obtener un modelo "mixto" de promedio móvil autorregresivo. Para representar estos modelos, es conveniente utilizar la notación ARMA(p, q), donde p es el orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte del promedio móvil.

Un modelo ARMA(p, q) tiene la forma general

$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \cdots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \cdots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$. (p. 407)

De acuerdo con lo anterior y en relación con los modelos ARMA, Hanke & Wichern (2010) afirman:

> Los modelos ARMA (p, q) pueden describir una gran variedad de comportamientos de las series de tiempo estacionarias. Los pronósticos generados por un modelo ARMA (p, q) dependen de los valores actuales y pasados de la respuesta, Y, así como de los valores actuales y pasados de los errores (residuos). (p,407)

<u>Autocorrelación:</u>

La autocorrelación se define como: "Autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma" (Hanke & Wichern, 2010, p. 64).

Lo anterior significa que, en ocasiones, en una serie de tiempo, los valores de una variable en el tiempo no son independientes entre sí, sino que un valor depende de los valores anteriores, y para medir la dependencia de las variables existe la función de autocorrelación que se define como: "Un *correlograma* o *función de autocorrelación* es una gráfica de las autocorrelaciones para varios retrasos de una serie de tiempo" (Hanke & Wichern, 2010, p. 67).

1. ***Función de autocorrelación (ACF):***

De acuerdo con González (2009) se define:

> La función de autocorrelación de un proceso estocástico estacionario es una función de k que recoge el conjunto de los coeficientes de autocorrelación del proceso y se denota por P_k, $P = 0, 1, 2, 3, \ldots$. La función de autocorrelación se suele representar gráficamente por medio de un gráfico de barras denominado correlograma. (p,16)

Lo anterior se puede entonces decir que es la función de autocorrelación entre variables separadas k instantes para series establecidas en auto covarianza, es decir que proporciona las correlaciones en función del retardo k.

2. Función de autocorrelación parcial (PACF):

De acuerdo con González (2009) se define: "el coeficiente de autocorrelación parcial de orden k, denotado por p_k, mide el grado de asociación lineal existente entre las variables Y_t e Y_{t-k} una vez ajustado el efecto lineal de todas las variables intermedias" (p. 62).

Entonces, la función de autocorrelación parcial puede ser estimada a partir de los datos de la derie de tiempo como una función de los coeficientes de autocorrelacion simples estimados.

Los patrones de autocorrelación y autocorrelación parcial de los procesos autorregresivos y de media móvil se pueden resumir de la siguiente forma en la tabla No. 7:

	Autocorrelaciones	***Autocorrelaciones parciales***
MA(q)	Terminan después del orden q del proceso	Se desvanecen
AR(p)	Se desvanecen	Terminan después del orden p del proceso
ARMA(p, q)	Se desvanecen	Se desvanecen

Tabla 7 Resumen de las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales

Fuente: *(Hanke & Wichern, 2010, p. 407)*

Metodología Box-Jenkins (ARIMA)

Ahora bien, para explicar a detalle en que consiste la metodología Box & Jenkins o también conocida como modelo ARIMA se tiene una definición formal de la bibliografía consultada.

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

A continuación, se hará una breve descripción de la metodología Box & Jenkins con su respectivo paso a paso.

> La metodología Box-Jenkins para generar pronósticos es diferente de la mayoría de los métodos porque no supone ningún patrón particular en los datos históricos de las series que se van a pronosticar. Se basa en un enfoque iterativo para identificar un modelo posible a partir de una clase general de modelos. Luego, el modelo seleccionado se coteja con los datos históricos para ver si describe la serie con exactitud. El modelo está bien ajustado si los residuos son generalmente pequeños, están distribuidos aleatoriamente y no contienen información útil. Si el modelo especificado no es satisfactorio, el proceso se repite usando un nuevo modelo diseñado para mejorar el original. Este procedimiento iterativo continúa hasta que se encuentre un modelo satisfactorio. En ese momento, el modelo se considera útil para pronosticar. (Hanke & Wichern, 2010, p. 399)

A continuación, en el diagrama No.1, se evidencia la estrategia para la construcción de un modelo Box & Jenkins:

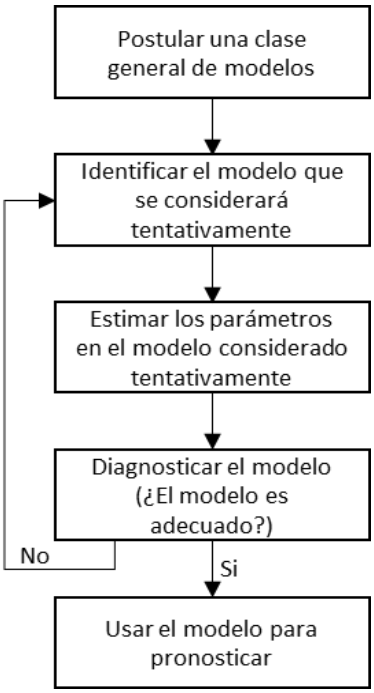

Diagrama 1 Diagrama de flujo de la estrategía de construcción de un modelo de Box & Jenkins

Fuente: *(Box, Jenkins, Reinsel, & Ljung, 1994, p. 16)*

<u>Estrategia de implementación de la construcción del modelo Box-Jenkins (ARIMA)</u>

Existen diferentes fases para la adecuada implementación del modelo ARIMA en una serie de tiempo, las cuales son:

1. Identificación
2. Estimación
3. Diagnóstico
4. Predicción

Las mismas se explican detalladamente a continuación:

1. Identificación del modelo

De acuerdo con el libro pronósticos en los negocios la primera fase de un modelo ARIMA es la identificación del modelo y como primer paso se tiene que:

> El primer paso en la identificación del modelo es determinar si la serie es estacionaria, es decir, si la serie de tiempo parece variar alrededor de un nivel fijo. Es útil observar una gráfica de la serie junto con la función de autocorrelación de la muestra. Se recomienda una serie de tiempo no estacionaria si la serie parece crecer o declinar en el tiempo y las autocorrelaciones de la muestra no se desvanecen rápidamente. (Hanke & Wichern, 2010, pp. 407 - 408)

Adicionalmente de acuerdo con Hanke & Wichern (2010) se afirma que: "Si la serie es no estacionaria, a menudo se puede convertir en una serie estacionaria por diferenciación. Es decir, la serie original se sustituye por una serie de las diferencias" (Hanke & Wichern, 2010, p. 408).

Como segundo paso de la identificación del modelo se tiene que:

> Una vez se ha obtenido una serie estacionaria, el analista debe identificar la forma del modelo que se utilizará.
>
> La identificación de la forma del modelo se lleva a cabo comparando las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales calculadas con los datos de las autocorrelaciones y las autocorrelaciones parciales teóricas de los diferentes modelos ARIMA. (Hanke & Wichern, 2010, p. 408)

2. Estimación del modelo

El primer paso de la estimación del modelo corresponde a:

> Una vez que se ha seleccionado un modelo tentativo, se deben estimar los parámetros para ese modelo.

> Los parámetros de los modelos ARIMA se estiman minimizando la suma de cuadrados de los errores de ajuste. Estos mínimos cuadrados deben obtenerse, en general, usando un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados. [...]. Una vez que se determinan las estimaciones de los mínimos cuadrados y sus errores estándar, se pueden construir e interpretar los valores *t* del modo habitual. Los parámetros que son considerados significativamente diferentes de cero se conservan en el modelo ajustado; los parámetros que no son significativos se eliminan del modelo. (Hanke & Wichern, 2010, p. 409)

En segundo lugar, se debe proceder con lo siguiente:

> Se calcula el error cuadrático medio de los residuos, una estimación de la varianza del error, ε_t.
> El error cuadrático medio de los residuos se define como:
>
> $$s^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}{n-r} = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left(Y_t - \hat{Y}_t\right)^2}{n-r}$$
>
> donde:
>
> $e_t = Y_t - \hat{Y}_t =$ residuo para el tiempo *t*
>
> $n =$ número de residuos
>
> $r =$ número total de parámetros estimados. (Hanke & Wichern, 2010, pp. 409 - 410)

Ahora bien, como ultimo paso de la estimación del modelo que de acuerdo con Hanke & Wichern (2010) corresponde a: "El error cuadrático medio de los residuos es útil para evaluar el ajuste y comparar modelos diferentes. También es útil para calcular los límites de error de pronóstico" (p. 410).

3. Verificación del modelo

La tercera fase de la modelación ARIMA consiste en la verificación del modelo adecuado, que de acuerdo con Hanke & Wichern (2010) consiste en:

Una verificación general de la idoneidad del modelo se realiza mediante una prueba de distribución chi cuadrada (X^2) con base en el estadístico Q de Ljung-Box. Esta prueba considera los tamaños de las autocorrelaciones residuales como un grupo. El estadístico de prueba Q es

$$Q = n(n+2)\sum_{k=1}^{m}\frac{r_k^2(e)}{n-k}$$

el cual está distribuido aproximadamente como una variable aleatoria chi cuadrada con $m - r$ grados de libertad, donde r es el número total de parámetros estimados en el modelo ARIMA. En la ecuación,

$r_k(e) =$ autocorrelación residual para el retraso k

$n =$ número de residuos

$k =$ retraso de tiempo

$m =$ número de retrasos del tiempo que van a ser evaluados

Si el valor p asociado con el estadístico Q es pequeño (digamos, el valor $p < .05$), el modelo se considera inadecuado. El analista debe considerar un nuevo modelo o uno modificado y continuar el análisis hasta encontrar un modelo satisfactorio

El criterio desempeña un papel importante en la tarea de construcción del modelo. Dos modelos sencillos en competencia pueden describir adecuadamente los datos, y se debe hacer una selección con base en la naturaleza de los pronósticos. Además, se pueden ignorar algunos residuos grandes si estos se pueden explicar por circunstancias inusuales y el modelo es adecuado para el resto de las observaciones. (pp. 410 - 411)

4. Elaboración de pronósticos con el modelo

Por ultimo, se encuentra la fase cuatro de la modelación ARIMA que básicamente contiene tres pasos, que de acuerdo con Hanke & Wichern (2010) consisten en:

1 Una vez que se ha encontrado un modelo adecuado, es factible elaborar los pronósticos de uno o varios periodos futuros.

Con base en los pronósticos también se pueden construir intervalos de predicción. En general, para un nivel de confianza dado, cuanto más largo se el tiempo guía del pronóstico, mayor será el intervalo de predicción. […].

2 Conforme más datos están disponibles, se puede usar el mismo modelo ARIMA para generar pronósticos modificados de otro origen de tiempo.

3 Si el patrón de la serie parece estar cambiando con el tiempo, los datos nuevos se pueden usar para recalcular los parámetros del modelo o, si es necesario, desarrollar un modelo completamente nuevo.

Es una buena idea hacer un seguimiento de los errores de pronóstico. Si los errores más recientes tienden a ser sistemáticamente más grandes que los errores anteriores, tal vez sea el momento de reevaluar el modelo. En este punto, es posible que se requiera otra estrategia de iteración para construir el modelo. Lo mismo es verdadero si los errores recientes del pronóstico tienden a ser positivos de manera sistemática (predicen una respuesta muy baja) o negativos (predicen una respuesta muy alta). (p. 411)

<u>Ventajas y desventajas de los modelos ARIMA</u>

Uno de los motivos principales por los que se decidió utilizar el modelo ARIMA es porque el mismo permite realizar la descripción de un valor como una función lineal de datos anteriores y también de errores que se presenten debido al azar. Los datos deben cumplir las características mencionadas en el punto (Metodología Box & Jenkins) sin embargo al existir

métodos para llegar a cumplir dichos requisitos, se quiso realizar el análisis para una variable del mercado bursátil, aprovechando también el suceso presentado en la empresa caso de estudio, para validar si mediante un análisis de la información y aplicación de los procesos necesarios se optimizaría la toma de decisiones basados en el Modelo ARIMA.

Ventajas:

- Es una metodología muy buena para generar pronósticos de las series de tiempo con mayor exactitud en el corto plazo.
- Los modelos ARIMA son bastante flexibles, lo que quiere decir que existen bastantes modelos de acuerdo con la necesidad de la serie de tiempo en particular, y existen métodos que permiten realizar las conversiones necesarias a los datos para su correcta aplicación.
- Existen métodos estadísticos formales para probar la idoneidad del modelo.
- Los pronósticos y los intervalos de predicción provienen directamente del modelo ajustado.

Desventajas:

- Se requiere una cantidad grande de datos es decir que si los datos son estacionales se requiere alrededor de 6 a 10 años de datos en adelante dependiendo de la duración del periodo estacional y si son no estacionales se requieren mínimo 40 observaciones. Nota: Para los datos que se consideran en la presente investigación este punto se considera una ventaja, debido a que la acción ÉXITO cotiza en bolsa hace muchos años, y se tienen los datos diarios (días bursátiles).
- Periódicamente el modelo tiene que reajustarse por completo, y algunas veces se debe desarrollar un modelo nuevo.
- No es una buena opción de pronóstico en el largo plazo.
- No acepta series de tiempo multivariadas.

2.2.2 Sector Comercial

En la presente investigación se pretende modelar el comportamiento del precio de la acción ÉXITO, para obtener predicciones que optimicen la toma de decisiones, para lo cual se hace necesario conocer algunas generalidades del mercado en el que se generan las transacciones de estas acciones y del sector económico al que pertenece la empresa para relacionar hechos, características o variables que permitan explicar los comportamientos de los datos.

Mercado accionario

Este mercado tiene como característica principal la negociación de títulos valores denominados acciones, que le otorgan al tenedor los derechos de participación sobre una empresa y le permiten obtener rentabilidad, la cual puede depender de la utilidad generada por la empresa en la que se invirtió, si la misma otorga dividendos y de las fluctuaciones del precio de la acción.

Esas fluctuaciones que se mantienen permanentemente en las cotizaciones sobre el valor de la acción de una empresa hacen que el mercado accionario no esté exento de riesgo, ya que existen dos probabilidades de ocurrencia para el inversionista, que exista desvalorización del precio de la acción, lo que conlleva a perdidas de dinero, o valorizaciones del precio de la acción, lo que genera mejores niveles de rentabilidad.

Es pertinente aclarar que las variaciones del precio de una acción en el mercado dependen en gran medida del desarrollo y evolución de la actividad económica a la que pertenece la empresa cotizante en el mercado accionario, pero también pueden influir factores como el desempeño del sector económico en el cual se encuentra inmersa la compañía y el comportamiento de variables macroeconómicas tales como la inflación, el riesgo país, el Producto Interno Bruto (PIB), entre otras.

Se puede decir que el mercado accionario se caracteriza por tres conceptos, la rentabilidad, el riesgo y el nivel de liquidez; la rentabilidad de una acción es variable ya que la misma depende de la valorización de la acción en el mercado y el valor de dividendos ofrecidos por el titulo, que, en caso de existir, corresponde a un porcentaje de las utilidades generadas de la compañía.

El concepto de riesgo, en el mercado accionario, generalmente se analiza teniendo en cuenta la volatilidad de los rendimientos, el nivel de especulación que exista alrededor del precio de la acción y el desempeño financiero y/o económico de la empresa, el comportamiento del sector económico y el país al que pertenece, por ultimo el concepto que corresponde a la liquidez, describe la medida en que un titulo pueda ser comprado o vendido en un periodo de tiempo corto y a precios estables, se relaciona con el volumen de transacciones que se realiza en un mercado.

<u>Mercado accionario colombiano:</u>

La estructura del mercado de capitales en Colombia es de la siguiente manera:

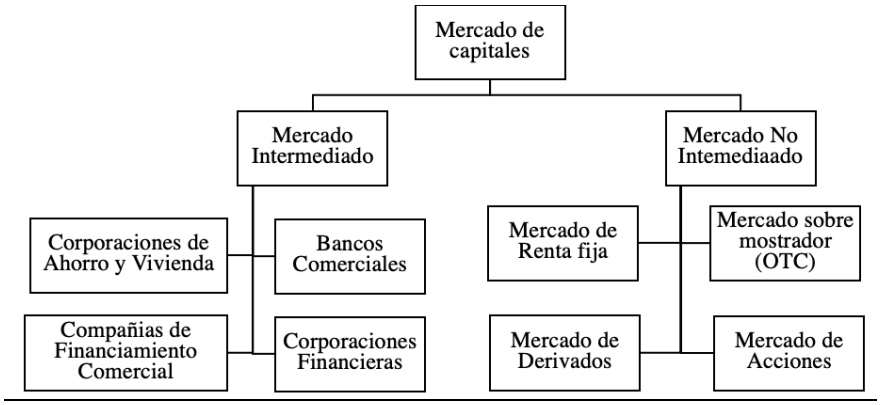

Diagrama 2 Estructura del mercado de capitales

Fuente: Elaboración propia, 2020

De acuerdo con el diagrama No. 2 el mercado accionario hace parte del mercado no intermediado, junto con los mercados de renta fija, derivados y divisas. Los emisores inscritos en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) deben cumplir una serie de normas y

políticas entre las cuales se resalta que: “todas las compañías inscritas en este mercado están obligadas a proporcionar información periódica y relevante, para que a su vez el público inversionista cuente con datos suficientes y oportunos para la toma de decisiones” (Bolsa de Valores de Colombia [BVC], 2020). Esta politica permite tener la información actualizada y de facil acceso de las empresas, lo cual aporta para realizar analisis fundamental, técnico y estadístico sobre el desempeño de la actividad económica de las empresas en las cuales se desea invertir.

El sector comercial en el mercado accionario:

Se procedió a revisar los emisores activos que negocian acciones en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), encontrando que al 16 de noviembre de 2020 (fecha en la cual se realizó la revisión) existen 68 emisores de acciones negociando en el mercado, cuya participación en los sectores de la economía se distribuye de la siguiente manera:

Sector	Nro. De Emisores	%
Comercial	1	1%
Financiero	12	18%
Industrial	38	56%
Inversiones	6	9%
Público	5	7%
Servicios	6	9%
Total	**68**	**100%**

Tabla 8 Distribución por sector de la economía del nro. de emisores de la BVC

Fuente: Elaboración propia, 2020

El sector comercial tiene presencia en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) gracias a la acción ÉXITO, correspondiente a la empresa Almacenes Éxito S.A, tal como se evidencia en la tabla No. 8.

	Nombre	Sector de la Economía	COP $ Billones
1	ECOPETROL S.A.	Industrial	$ 82,233
2	BANCOLOMBIA S.A.	Financiero	$ 25,456
3	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	Industrial	$ 24,945
4	BANCO DE BOGOTA S.A.	Financiero	$ 23,024
5	GRUPO ENERGIA BOGOTA S.A. E.S.P. GEB	Público	$ 22,494
6	GRUPO AVAL ACCIONES Y VALORES S.A.	Inversiones	$ 20,713
7	GRUPO DE INVERSIONES SURAMERICANA S.A.	Inversiones	$ 12,112
8	GRUPO NUTRESA S.A.	Inversiones	$ 9,897
9	GRUPO ARGOS S.A.	Inversiones	$ 9,345
10	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA CORFICOLOMBIANA	Financiero	$ 8,744
11	PROMIGAS S.A. E.S.P.	Industrial	$ 8,434
12	COLOMBIA TELECOMUNICACIONES SA ESP	Público	$ 6,698
13	CEMENTOS ARGOS S.A.	Industrial	$ 6,363
14	BANCO DE OCCIDENTE S.A.	Financiero	$ 5,301
15	**ALMACENES EXITO S.A.**	**Comercial**	**$ 4,924**
16	GRUPO BOLIVAR S.A.	Servicios	$ 4,859
17	CELSIA S.A E.S.P ANTES COLINVERS	Industrial	$ 4,654
18	PRODUCTOS FAMILIA S.A.	Industrial	$ 4,332
19	CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	Servicios	$ 4,207
20	BANCO BILBAO VIZCAYA ARGENTARIA COLOMBIA S.A. BBVA COLOMBIA	Financiero	$ 4,090

Tabla 9 Capitalización Bursátil, de los 20 emisores con mayor capitalización bursátil en el mercado al 16 de noviembre 2020

Fuente: Elaboración propia, 2020

De acuerdo con la tabla No. 9 Ecopetrol se destaca como el emisor con mayor capitalización bursátil, con un valor en bolsa de $82.233 billones, al corte del 16 de noviembre 2020. Sin embargo, también se evidencia, que a pesar de que Almacenes Éxito es la única empresa del sector comercial que participa en la BVC, la misma se encuentra entre los 20 emisores con mayor capitalización, más exactamente en la posición nro. 15, haciéndola destacar entre las empresas cotizantes.

Otro de los motivos que resaltan la importancia de la empresa Almacenes Éxito y así como del sector comercial es la presencia de esta en el índice bursátil COLCAP, que según el Banco de la Republica (2021) se define como:

> El COLCAP es un índice de capitalización que refleja las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), donde la participación de cada acción en el índice está determinada por el correspondiente valor de la capitalización bursátil ajustada (flotante de la compañía multiplicado por el último precio). La canasta del índice COLCAP estará compuesta por mínimo 20

acciones de 20 emisores diferentes. (Banco de la República de Colombia [BANREP], 2021)

Se procedió a revisar las acciones participantes del índice COLCAP a partir de octubre 2012, correspondiente a la canasta no. 20 hasta el mes de enero 2020, que es la canasta no. 48, es decir que equivale a 29 canastas o trimestre, encontrando que en cada uno de los trimestres el sector comercial, liderado por la acción ÉXITO, tiene una participación promedio del 4,04%, la cual a pesar de ser la participación promedio mas baja por sector, es necesario considerar que el promedio de acciones es equivalente a una empresa, mientras que los otros sectores tienen una mayor participación debido a que en el mercado accionario existe un mayor número de empresas bajo cada sector, tal como se evidencia a continuación en la tabla No. 10:

Sector	Promedio de Participación	Promedio de Nro. Acciones
Comercial	4,04%	1
Financiero	26,12%	5
Industrial	30,89%	9
Inversiones	33,89%	6
Público	5,06%	2
Servicios	0,00%	-

Tabla 10 Promedio de Participaciones de los sectores de la economía en el índice COLCAP

Fuente: Elaboración propia, 2020

Sin embargo, como acción, con participación individual en el periodo de tiempo mencionado anteriormente siempre ha estado sobre las primeras 15 acciones del índice COLCAP con mayor participación, haciéndola una de las 15 acciones mas líquidas, a excepción del trimestre noviembre 2019 – enero 2020 cuya posición según su participación fue la numero 17, tal como se evidencia a continuación en el gráfico No. 3:

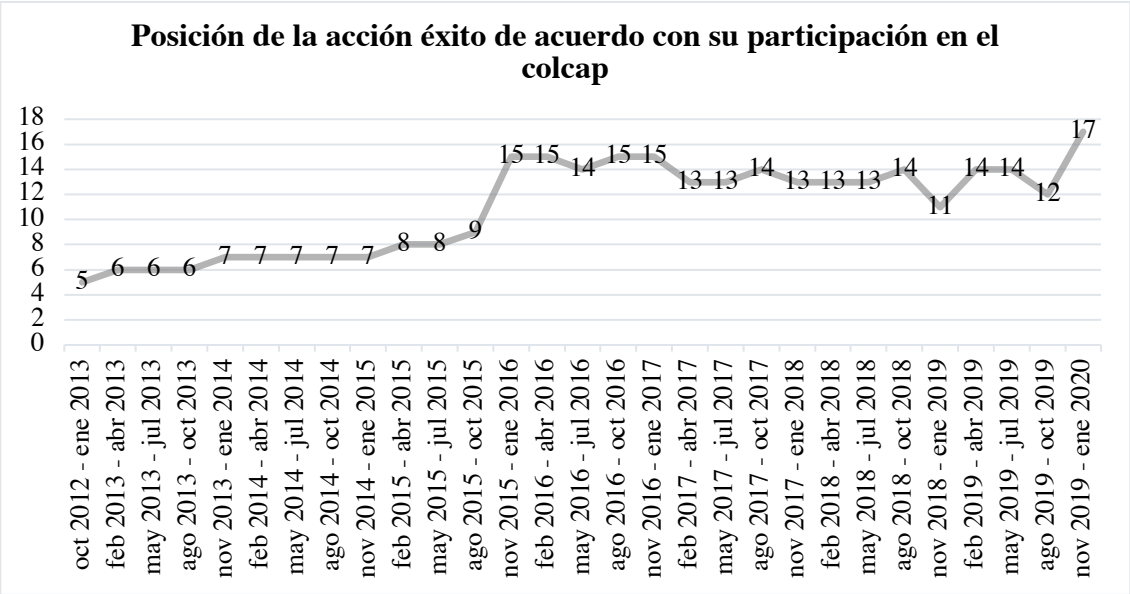

Gráfico 3 Posición según participación ene l índice COLCAP de la acción ÉXITO

Fuente. Elaboración Propia, 2020

Es por esto por lo que, una vez revisadas las empresas que participan den la BVC pertenecientes al sector comercial, se evidencio una sola, Almacenes Éxito, que a pesar de ser la única, la empresa se destaca por sus cifras de capitalización bursátil, así como de ser una de las empresas con mayor liquidez en el mercado.

2.3 Marco contextual

Almacenes Éxito S.A fue constituida el día 24 de marzo de 1950, teniendo como domicilio principal en la ciudad de Envigado, Colombia. La matriz cotiza en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) desde el año 1994 y se encuentra bajo la regulación y control de la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC).

La actividad principal de Almacenes Éxito es:

> La adquisición, procesamiento, transformación, y en general, la distribución y venta bajo cualquier modalidad comercial, incluyendo la financiación de la misma, de toda clase de mercancías y productos nacionales y extranjeros, incluidos artículos

farmacéuticos, elementos médicos y afines, al por mayor y/o al detal, por medios físicos o virtuales (…). (Grupo Éxito, 2020, p. 3)

Historia

La empresa que es conocida hoy en día en Colombia como Grupo Éxito se da gracias a la unión de varias compañías cuya actividad principal es el comercio al detal. Su historia da inicio en 1905 cuando se constituye Carulla en la ciudad de Bogotá gracias a la iniciativa de José Carulla Vidal, diecisiete años mas tarde, en 1922, se da inicio en la ciudad de Barranquilla la compañía Ley gracias a Luis Eduardo Yepes (Grupo Éxito, 2020).

La empresa Éxito surge en la ciudad de Medellín en el año 1949 con la ayuda de Don Gustavo Toro Quintero, posteriormente en 1959 Cadenalco hace parte de la historia pues se convierte en sociedad propietaria del Ley y diez años mas tarde, 1969, en la ciudad de Barranquilla nace Vivero (Grupo Éxito, 2020).

Para el año de 1994 la empresa Éxito empieza a hacer historia en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) ya que lista su acción, que para ese entonces existían en las tres bolsas de valores: Bolsa de Valores de Bogotá, de Medellín y de Occidente, su aparición en el mercado de capitales continúa su trayectoria, pues en 1995 Éxito adquiere 10,5% de las acciones de Cativénen Venezuela (Grupo Éxito, 2020).

Con el auge de la tecnología y las ventas online, Éxito comienza a operar con su tienda virtual www.exito.co en 1998, un año mas tarde ocurren dos sucesos muy significativos para la compañía; el primero es que Groupe Casíno adquiere el 25% de las acciones de Almacenes Éxito S.A y el segundo acontecimiento es que Éxito obtiene la mayoría accionaria de Cadenalco, que dos años mas tarde llevaría a una fusión (Grupo Éxito, 2020).

En el año 2005 se crea la Tarjeta Éxito como mecanismo de crédito y también se empiezan a existir mas los negocios y marcas propias, pues en ese año inicia operaciones el negocio inmobiliario. Dos años más tarde ocurren eventos importantes; Almacenes Éxito S.A

adquiere Carulla Vivero, Groupe Casíno obtiene la mayoría accionaria de la empresa, el negocio Viajes Éxito empieza a operar y la compañía ingresa exitosamente en el mercado internacional de capitales ya que, realiza una emisión de GDR, Global Despositary Receipt (Grupo Éxito, 2020).

El siguiente año se constituye el negocio complementario de Seguros Éxito, empiezan a funcionar las Estaciones de servicio y se crean las bodegas Surtimax. Continuando con la historia, al pasar al próximo año Éxito y Cafam firman alianza, buscando principalmente aprovechar los negocios de hipermercados y supermercados por el lado de Éxito y el conocimiento del negocio de droguerías por parte de Cafam (Grupo Éxito, 2020).

Otros sucesos muy importantes se dieron en el 2010 con la fusión de Almacenes Éxito y Carulla, para el 2011 se adquirió el 100% de las acciones de Spice Investments Mercosur, dicha compañía era la propietaria de las cadenas de Disco, Devoto y Géant en Uruguay. Para el año siguiente Cafam, Pomona y Ley finalizan el proceso de unificación a las marcas Éxito, Carulla y Surtimax y para el 2015 se adquiere el 50% de los derechos de voto en el Grupo Pão de Açúcar de Brasil y el 100% de la compañía Libertad en Argentina (Grupo Éxito, 2020).

En la actualidad la compañía ha avanzado acorde avanza la tecnología, no se ha quedado atrás pues aparece con el hipermercado que combina el mundo físico y el virtual llamado Éxito Wow; el negocio Carulla Fresh Market mantiene su concepto de rico, sano y sostenible de la marca Premium y abre el almacén Viva Envigado, el cual es el complejo comercial y empresarial mas grande el país (Grupo Éxito, 2020).

Almacenes Éxito S.A pertenece al Grupo Éxito, cuya mayor participación accionaria en la esta dada por:

> La sociedad Sendas Distribuidora S.A. (Sendas), que al 31 de diciembre de 2019 era titular de manera directa de 432.256.668 acciones, las cuales equivalen al 96,57% del capital social. Sendas Distribuidora S.A. (Sendas) es una sociedad anónima

constituida en la ciudad de Rio de Janeiro, Brasil, el 18 de diciembre de 2003 (…), cuyo objeto social consiste en participar en la comercialización de productos manufacturados, semi manufacturados o naturales, nacionales o extranjeros, de cualquier género, especie, naturaleza o calidad (…). En el año 2010, Companhia Brasileira de Distribuição (GPA) se convirtió´ en el único accionista de Sendas, con un total de acciones ordinarias equivalentes al ciento por ciento (100%). Asimismo, Casino, Guichard-Perrachon S.A. es propietario del 41,25% de las acciones de Companhia Brasileira de Distribuição (GPA). De los accionistas restantes, los cuales equivalen al 3,43% del capital social, ninguno es titular de una participación igual o superior al 2% del mismo. (Grupo Éxito, 2019, p. 6)

<u>Principales accionistas – Estructura accionaria a septiembre 2020</u>

Para el 30 de septiembre de 2020, Grupo Éxito contaba con un numero de 5.178 accionistas (sin incluir operaciones repo) distribuidos de la siguiente manera, en el diagrama No. 3:

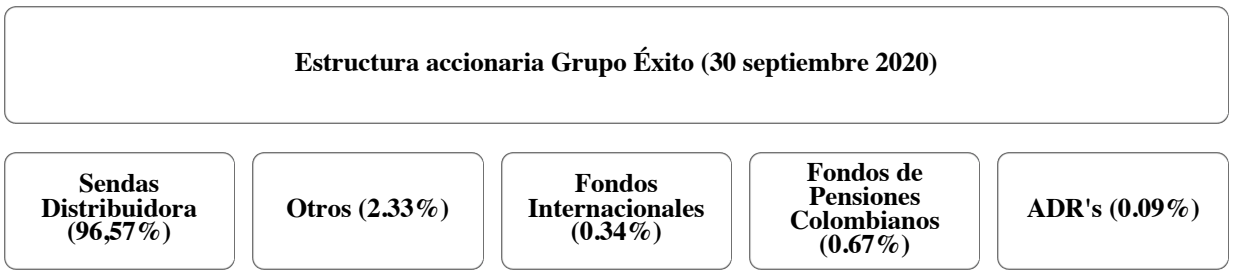

Diagrama 3 Estructura accionaria del Grupo Éxito a septiembre de 2020

Fuente: Elaboración propia, 2020

Por su lado, Grupo Éxito también tiene diferentes participaciones e inversiones en diferentes subsidiarias operativas nacionales y subsidiarias extranjeras, específicamente en Colombia, Uruguay y Argentina. Dichas inversiones aparecen en los estados financieros de la compañía al 31 de diciembre del 2019 y se observan las de mayor relevancia en el diagrama No. 4:

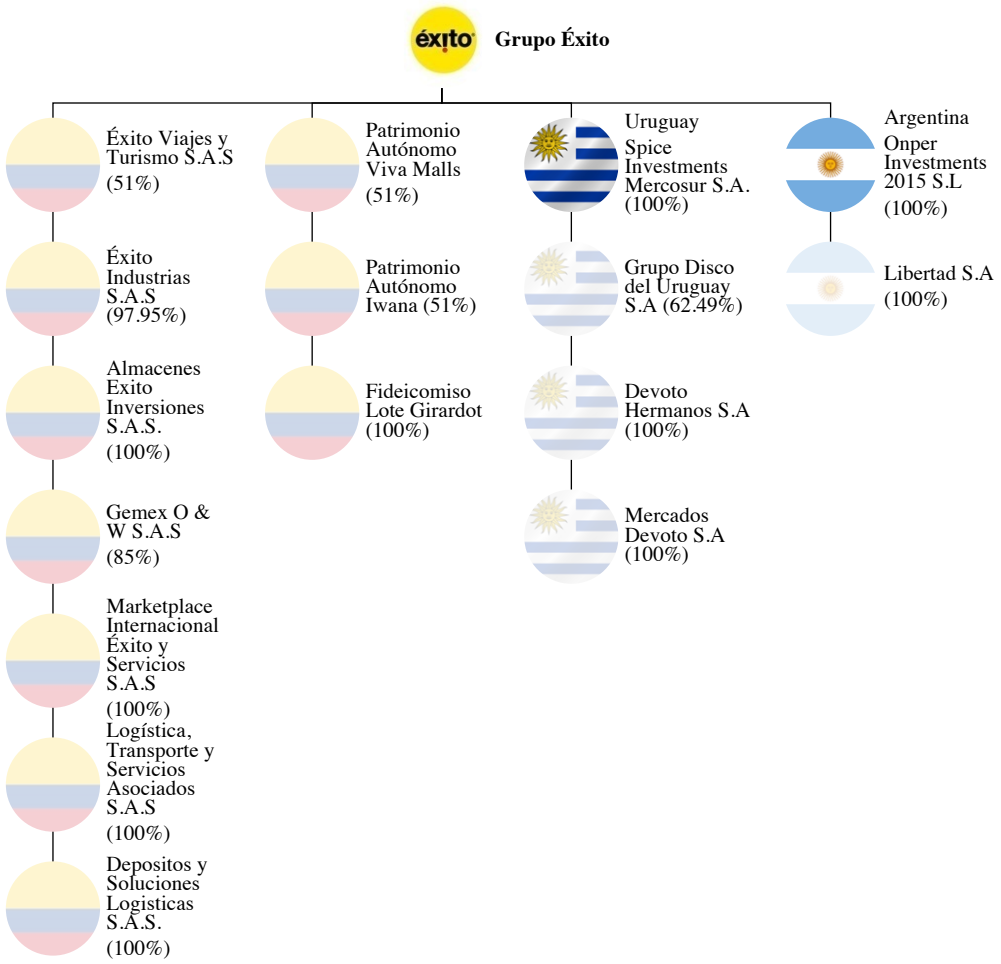

Diagrama 4 Organigrama de las principales subsidiarias operativas ubicadas en Colombia y en el exterior

Fuente. Elaboración propia, 2020

En Colombia el Grupo Éxito cuenta con diferentes negocios y marcas que se distribuyen en seis (6) grupos: negocio de comercio al detal, comercio al por mayor y cliente profesional, negocio inmobiliario, comercio directo y electrónico, negocios complementarios y soporte a los negocios que se muestran a continuación en el diagrama No. 5:

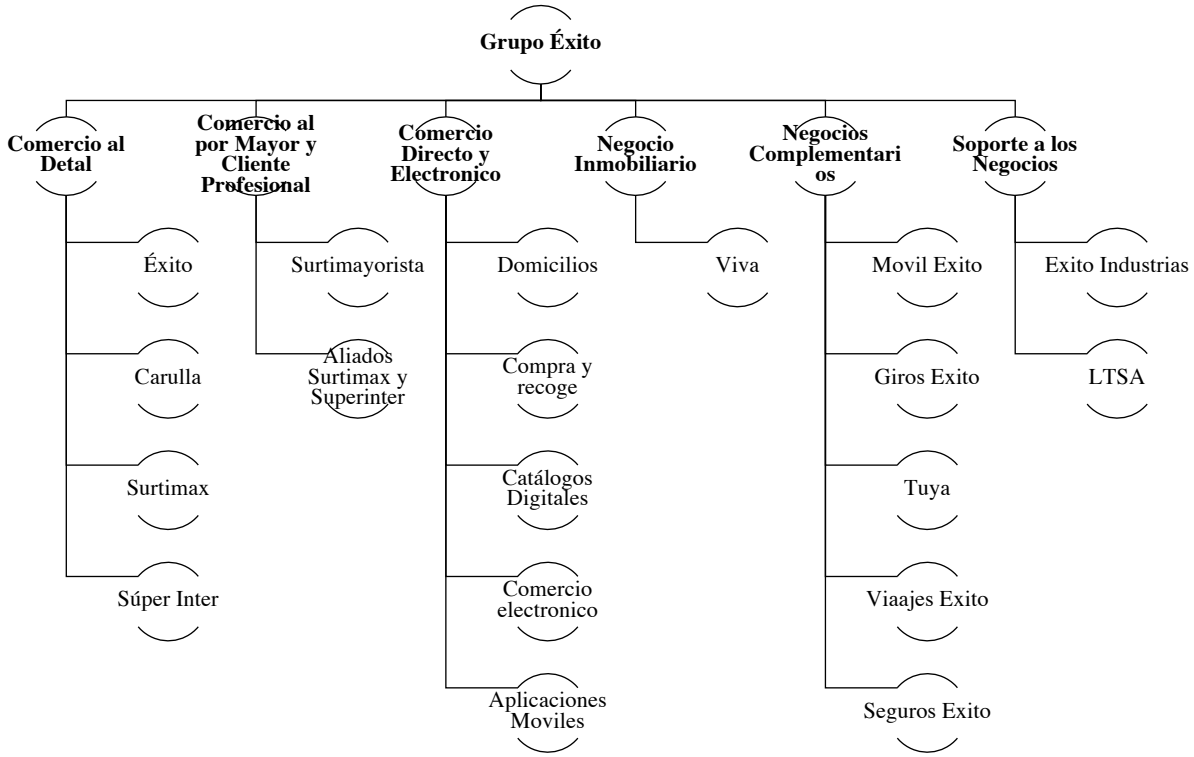

Diagrama 5 Organigrama de los negocios y marcas del Grupo Éxito en Colombia

Fuente: Elaboración propia, 2020 con información de la página web de Grupo Éxito

Presencia:

- Nacional: Se encuentra presente en 23 departamentos de Colombia con 515 almacenes y cerca de 35.000 empleados.
- Internacional: Se encuentra en Uruguay con 90 tiendas y 6.000 empleados y en Argentina con 25 Almacenes y cerca de 2.500 empleados.

Misión:

- Trabajamos para que el cliente regrese

Valores:

- Primero el cliente
- Innovación
- Agilidad
- Lograrlo juntos
- Pasión por el resultado

Información básica del emisor y del titulo

A continuación, se muestra un resumen de la información básica del emisor:

Información del emisor	
Razón social	ALMACENES ÉXITO S. A
Nit	890900608-9
Nombre del emisor (Sigla)	ÉXITO (EXI)
Situación	Abierto
Sector	Comercial
Dirección (Casa Matriz)	Carrera 48 No. 32-B Sur-139
Ciudad	Envigado
Teléfono	339 65 65
Fax	339 52 35
Presidente	Carlos Mario Giraldo Moreno
Web	www.grupoexito.com.co

Tabla 11 Información básica del emisor Almacenes Éxito S.A

Fuente: *(Bolsa de Valores de Colombia [BVC], 2020)*

La acción de almacenes Éxito S.A se encuentra listada en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) desde el año 1994, y su acción cuenta con las siguientes características:

Características de la Acción:	
Nemotécnico	EXITO
Estado	Activo
Modalidad	Continuo
Condición de mercado	Libre
Código Supervalores	COG31PAAO003
Título	Acciones ordinarias
Acciones en circulación	447.604.316
Bursatilidad	Alta
Dividendos	Se decreta dividendo de $2.438 por acción, pagadero en una sola cuota entre el primer y decimo día hábil del mes de abril 2020

Tabla 12 Información básica de la acción ordinaria de Almacenes Éxito S.A

Fuente: *(Bolsa de Valores de Colombia [BVC], 2020)*

Información del Aviso de Oferta Pública de Adquisición de Acciones Ordinarias de Almacenes Éxito S.A. Formulada por Sendas Distribuidora S.A:

De acuerdo con la BVC (2019) las características principales son:

1. **Oferente:** Sendas, S.A constituida en Brasil y con domicilio principal en la ciudad de Rio de Janeiro, Brasil.

2. **Destinatarios:** todos los accionistas del Éxito

3. **Finalidad:**

- Simplificación de la estructura corporativa del grupo empresarial Casino.

- La empresa Sendas adquiera como mínimo una (1) acción ordinaria y como máximo cuatrocientos cuarenta y siete millones seiscientos cuatro mil trecientas dieciséis (447'604.316) de acciones ordinarias de Éxito.

4. **Precio al cual ofrece comprar:** el precio por cada acción es de $18.000 COP.

5. **Pago de liquidación, modalidad de pago:** pago en efectivo, de contado en T+3, donde:

- T es la fecha en la cual la BVC informa a la SFC y al mercado el resultado de la operación (fecha de adjudicación)
- +3: indica que el cumplimiento de la operación se realizara el tercer día hábil bursátil contado a partir del día hábil bursátil siguiente de la fecha de adjudicación.

6. **Fecha y hora de inicio y finalización para la presentación de las aceptaciones de la Oferta:** Las aceptaciones se presentan dentro del periodo comprendido entre el 28 de octubre de 2019 hasta el 19 de noviembre de 2019, en el horario comprendido entre 9:00 am y 1:00 pm (periodo de aceptaciones).

Por otro lado, es necesario tener presente que cuando se presenta una OPA, se sebe cumplir con lo siguiente:

La BVC debe suspender la cotización bursátil de los valores objeto de la OPA una vez la Superintendencia Financiera le comunique que el oferente ha radicado la información sobre la OPA. Esta suspensión queda sin efecto el día hábil siguiente a la fecha de publicación del aviso de oferta. (Brigard & Urrutia Abogados, 2014, p. 127)

Para el caso en particular la acción fue suspendida a partir del día 16 de septiembre de 2019 y se volvieron a reabrir las negociaciones en bolsa a partir del 21 de octubre de 2019.

2.4 Marco legal

Para el tema de la presente investigación, existe normatividad vigente que se relaciona con el esquema normativo del mercado de valores colombiano, para inversionistas y para inversores, así como tratamiento de datos al ser un proyecto que utiliza datos de una empresa cotizante en BVC y regulada por la normatividad colombiana. En este apartado se presentan leyes, decretos y artículos asociados directamente con la investigación:

- Ley 964 de 2005 - establece las normas generales para el mercado de valores mostrando: "los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores y se dictan otras disposiciones" (Congreso de Colombia, 2005, p. 1).

- Ley 1314 de 2009:

  > Por la cual se regulan los principios y normas de contabilidad e información financiera y de aseguramiento de información aceptados en Colombia, se señalan las autoridades competentes, el procedimiento para su expedición y se determinan las entidades responsables de vigilar su cumplimiento. (Congreso de Colombia, 2009, p. 1)

- Ley 1266 de 2008:

  > Por la cual se dictan las disposiciones generales del hábeas data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la financiera, crediticia, comercial, de servicios y la proveniente de terceros países y se dictan otras disposiciones. (Congreso de Colombia, 2008, p. 1)

- Ley 27 de 1990: "Por la cual se dictan normas en relación con las bolsas de valores, el mercado público de valores, los depósitos centralizados de valores y las acciones con dividendo preferencial y sin derecho de voto" (Congreso de Colombia, 1990, p. 1).

- Decreto 2555 de 2010 - decreto único del mercado de valores: El Presidente de la República (2010) decreta: "Por el cual se recogen y reexpiden las normas en materia del sector financiero, asegurador y del mercado de valores y se dictan otras disposiciones" (p. 1).

- Decreto 2510 de 2014: El Presidente de la República (2014) establece, los mecanismos de estabilización de precios y se dictan otras disposiciones entre las cuales se contempla la regulación colombiana sobre ofertas públicas de valores y dotar a la Superintendencia Financiera de Colombia de facultades que le permitan determinar la manera como se cumplen ciertos requisitos relacionados con la autorización de ofertas públicas.

- Circular externa 029 de 2014 o circular Básica Jurídica: de acuerdo con la Superintendencia Financiera de Colombia (2014) establece la normatividad y los pronunciamientos jurisprudenciales vigentes en materia financiera, aseguradora y del mercado de valores. La Parte III se refiere al Mercado des intermediado y contiene las instrucciones aplicables a los emisores de valores; a las entidades y actividades del mercado de valores; así como lo relacionado con el Sistema Integral de Información del Mercado de Valores (SIMEV) y con los Fondos de Inversión.

Además, la Bolsa de Valores de Colombia, cuenta con reglamentos internos de sistemas de negociación, compensación y liquidación

- Mercado de Renta Variable que de acuerdo con Bolsa de Valores Colombia (2016) contiene:

> Este reglamento contiene las normas generales sobre la inscripción de valores que podrán ser negociados en los sistemas que administra la Bolsa Valores de Colombia, la vinculación de las sociedades comisionistas de bolsa y personas vinculadas a estas, así mismo las reglas generales que rigen el funcionamiento de las operaciones sobre valores de renta variable, su compensación y

liquidación (Cumplimiento), y la forma en que la bolsa hará efectivas las garantías otorgadas para respaldar las operaciones. Adicionalmente, este reglamento establece las reglas de funcionamiento de los sistemas de negociación de valores del extranjero. (p. 8)

- Mercado de Derivados que de acuerdo con Bolsa de Valores Colombia (2016) contiene:

  Este reglamento establece las normas generales que regulan la negociación de contratos de derivados o instrumentos financieros derivados (IFD) que tengan la condición de ser estandarizados, además las normas relativas al registro de operaciones realizadas por fuera del sistema, así mismo las reglas de admisión de miembros en el mercado previamente autorizados por la Cámara de Riesgo Central de Contraparte (CRCC). (p. 8)

- Mercado de renta fija que de acuerdo con Bolsa de Valores Colombia (2016) contiene:

  Este reglamento establece las normas generales sobre la negociación de valores distintos a acciones y bonos convertibles en acciones inscritos en la Bolsa, en el sistema centralizado de negociación y registro MEC, establece los procedimiento para el registro de operaciones realizadas por fuera de los sistemas de negociación de la bolsa (Mercados OTC), la admisión de afiliados al sistema y la inscripción de sus funcionarios. (p. 8)

- Compensación y liquidación de operaciones, custodia y administración de valores (Reglamento de operaciones) – DECEVAL que de acuerdo con Bolsa de Valores Colombia (2016) contiene:

  Este reglamento regula las relaciones entre el depósito DECEVAL y sus Depositantes Directos, Depositantes Indirectos y otros depósitos centralizados de valores locales o internacionales, con los sistemas de negociación o registro

y otros sistemas de compensación y liquidación, con motivo de los contratos que se celebren en desarrollo de los servicios de custodia, administración, compensación, liquidación y las funciones de certificación sobre los valores anotados en cuenta. (p. 8)

- Reglamento del Deposito Central de Valores (DCV) que de acuerdo con Bolsa de Valores Colombia (2016) contiene: "Este reglamento desarrolla las normas generales sobre las actividades de depósito, custodia y administración de valores mediante anotaciones en cuenta efectuadas como registros electrónicos, así como la compensación y liquidación de operaciones sobre valores que desarrolla el DCV" (p. 9).

- Reglamento de la Cámara de Riesgo Central de Contraparte que de acuerdo con Bolsa de Valores Colombia (2016) contiene:

  Este reglamento regula el funcionamiento de la Cámara de Riesgo Central de Contraparte de Colombia S.A., y del Sistema de Compensación y Liquidación de Operaciones que administra la Cámara. En éste se desarrollan los lineamientos sobre las funciones y las obligaciones de la Cámara, el proceso de compensación y liquidación de operaciones, las relaciones con los miembros de la Cámara, con los agentes custodios y agentes de pago y con los terceros. Además se presentan los principios del sistema de administración de riesgos que administra la Cámara, las garantías, los límites de operación de los miembros y el procedimiento para el manejo de incumplimientos. (p. 9)

Por otro lado, se relaciona la ley por medio de la cual se permite manejar en este documento, la información de Almacenes Éxito S.A, la cual es:

- Ley 1712 de 2014: "Por medio de la cual se crea la ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones" (Congreso de Colombia, 2014, p. 1).

3. Metodología

3.1 Enfoque de la Investigación

La siguiente investigación tiene un enfoque mixto, porque según el tipo de datos que se emplean son cuantitativos y cualitativos. Tal como se evidencia en el diagrama No. 6, es cuantitativo porque cumple con la rigurosidad de una investigación científica permitiendo tener soportes técnicos que sustenten la investigación y además: "utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías" (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014, p. 4).

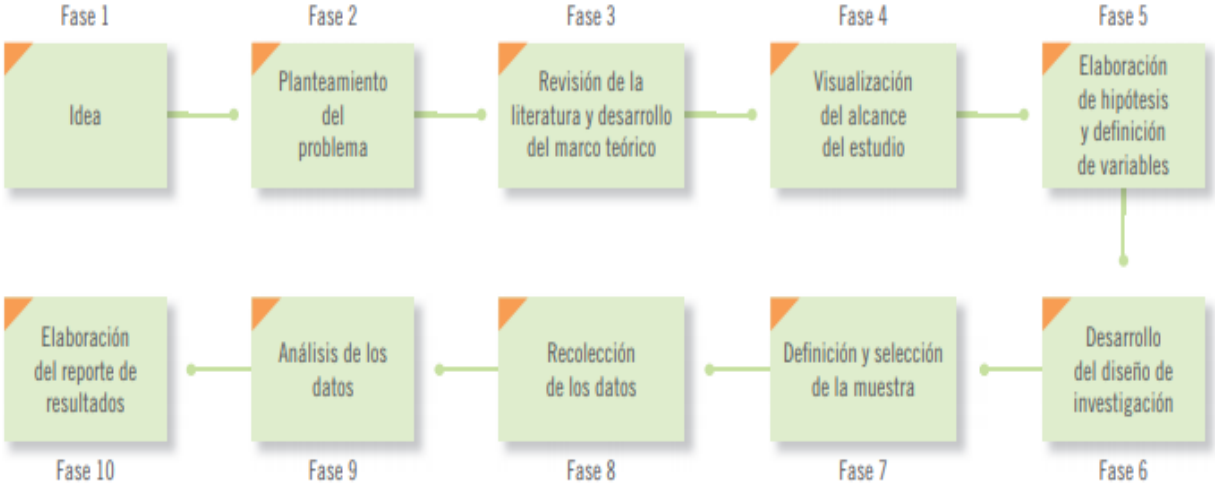

Diagrama 6 Proceso cuantitativo de la investigación

Fuente: Libro-Metodología de la investigación, 2014

Por otro lado, es cualitativa porque: "utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación" (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014, p. 7). Se involucran aspectos cualitativos, ya que permite nutrir la base teórica porque permite la indagación y fortalecimiento de criterio respecto a diferentes temas que se relacionan con el objeto principal caso de estudio lo que permite la correcta interpretación de los resultados.

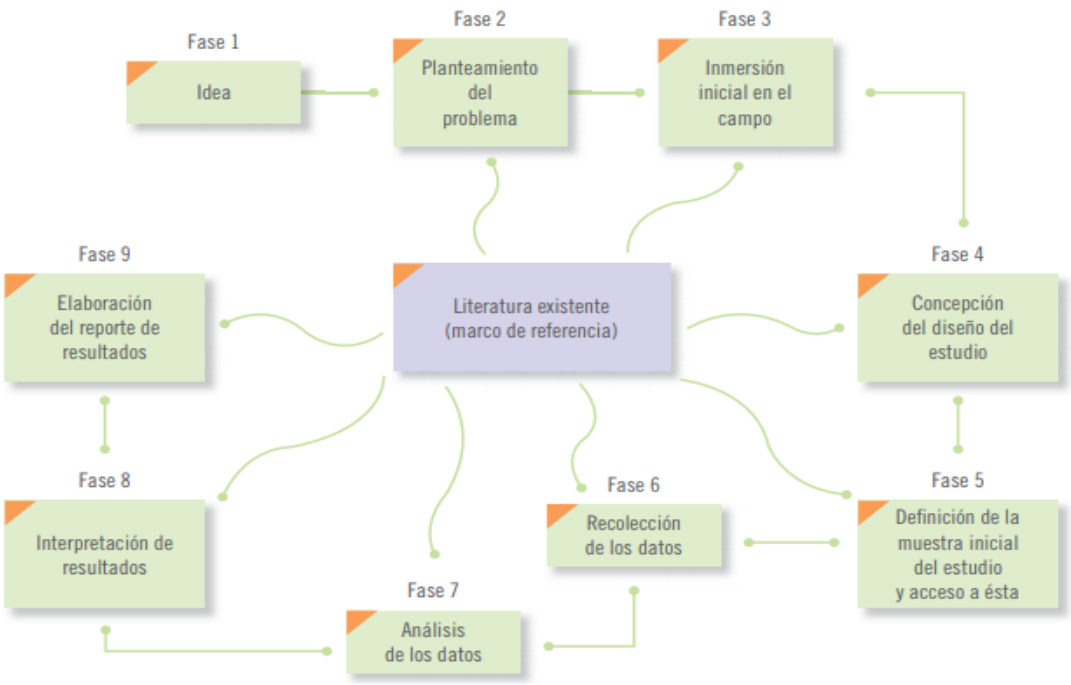

Diagrama 7 Proceso cualitativo de la investigación

Fuente: Libro-Metodología de la investigación, 2014

Así mismo, de acuerdo con el Diagrama No. 7, permite enfocar todo el proceso de la investigación en una amplia elección de literatura existente, lo que ayuda a sustentar teóricamente la investigación para obtener los mejores resultados.

Al hablar específicamente de este proyecto de investigación, se implementaron aspectos cualitativos al involucrar la importancia del sector comercial en el país y así mismo de las empresas pertenecientes a este sector en el mercado de capitales, así como el análisis detallado que se realizó en cuanto a las categorías de investigación aplicadas, y cuantitativos porque se requiere la utilización de un modelo estadístico con el fin de establecer resultados que permitan dar solución a un problema de investigación que permite la correcta interpretación y análisis de los resultados.

3.2 Método de investigación

El método que se desarrolló durante esta investigación es de razonamiento deductivo que se basa en el proceso de organizar y estructurar una serie de ideas y de esta forma alcanzar una conclusión.

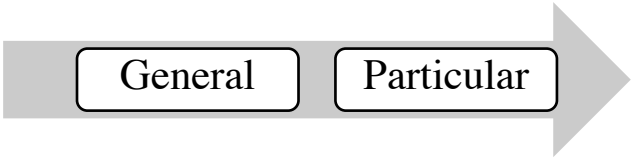

Ilustración 1Método de investigación deductivo

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la ilustración No. 1, se ilustra el método de investigación del presente proyecto, el cuál es el razonamiento deductivo es decir que parte de los aspectos generales (entendidos como principios) caracterizando generalmente el tema central a estudiar hasta llegar a los aspectos particulares (entendidos como hechos concretos) basado en la contextualización particular del objeto central a desarrollar.

Por lo anterior, en esta investigación se hizo necesaria una descripción detallada de las categorías de investigación, modelos de proyección de series de tiempo, optimización de toma de decisiones y el sector comercial, con la finalidad de fortalecer conceptos e identificar temas relevantes que determinan el impacto que han tenido las categorías en la solución de problemas con un enfoque similar al objeto de estudio del presente proyecto.

Se obtendrán conclusiones fundamentadas en la optimización de la toma de decisiones en la empresa caso de estudio, Almacenes Éxito, una vez dada la Oferta Pública de Adquisición (OPA) y posteriormente evaluada según el error que arroje el modelo teniendo en cuenta la metodología Box-Jenkins, modelación ARIMA. Este modelo podrá ser replicable en el mercado financiero en general, pues es de gran ayuda tener herramientas estadísticas que generen pronósticos otorgando resultados con gran confianza para dichos mercados, además que es una de las bases del análisis estocástico para llegar a construir modelos más robustos.

Inicialmente se realiza un análisis de las empresas pertenecientes al sector comercial que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). Al hacer dicha verificación se encuentra que una sola empresa cumple con la característica mencionada anteriormente, Almacenes Éxito S.A, por lo que se procede a analizar su impacto en la economía nacional, su impacto en el sector comercial y analizar el proceso que surgió en la empresa, que es principalmente por medio de una Oferta Pública de Adquisición (OPA) que buscaba la compra de las acciones ordinarias del Grupo éxito por parte de la empresa brasileña Sendas Distribuidora S.A., subsidiaria de Companhia Brasileira de Distribuicao.

De igual forma, se procede a desarrollar el modelo de predicción para la empresa caso de estudio y así optimizar la toma de decisiones en cuanto a inversión y gestión del riesgo, de aceptar o no dicha oferta, que impactos tendrían en los inversionistas y como la metodología puede aportar a la toma de decisiones una vez culminada la OPA. Por tal razón se hizo necesaria la revisión de antecedentes relacionados con las categorías de investigación para establecer la evolución que estos conceptos han tenido a través del tiempo como herramienta para la solución de problemas en diversos campos estableciendo su incidencia en la presente investigación y el análisis financiero respecto a la situación financiera de la empresa caso de estudio.

De igual manera durante el proceso de análisis deductivo se identificaron los casos en donde se han aplicado modelos de proyección a la hora de tomar decisiones en el mercado de capitales, o también el uso de estas herramientas en diferentes aspectos del mercado financiero, como pronosticar la TRM, el precio del petróleo, IPC, índices bursátiles, entre otros, con el fin de conocer la eficiencia y eficacia de su aplicación e implementación en el mercado.

Se procedió a realizar el estudio particular de la empresa caso de estudio de esta investigación denominada: Almacenes Éxito S.A determinando las variables relevantes para la aplicación del modelo seleccionado y construyendo la investigación relacionada con la situación económica y financiera de la empresa para lograr tomar la mejor decisión.

En este caso la investigación está enfocada en tomar una decisión óptima y determinar qué impactos podría tener en los inversionistas. Con el objetivo de nutrir la investigación se determinó el planteamiento del marco teórico para esclarecer los sustentos teóricos de esta investigación; de igual manera se construyó el marco contextual en relación con la empresa para analizar el sector comercial, aspectos económicos y financieros de la empresa y su impacto en el país, también se analizó la normatividad que rige el mercado bursátil.

El modelo de proyección ARIMA, que se implementó tomando la información de mercado accionario de Almacenes Éxito S.A, podrá ser replicable para otras empresas, ya sean del mismo sector o diferente que coticen en la BVC, o bien para diferentes variables financieras y económicas del sector, con el objetivo de optimizar la toma de decisiones influyendo positivamente en el inversionista.

3.3 Alcance de la Investigación

Esta investigación en particular tendrá dos métodos que se seguirán para alcanzar los objetivos, los cuales son: descriptivo y correlacional

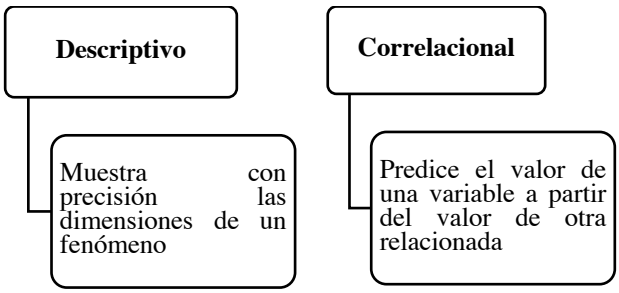

Diagrama 8 Alcance de la investigación

Fuente: Elaboración propia, 2019

El diagrama No. 8, presenta la utilidad del alcance de una investigación descriptiva y correlacional. A continuación, se detalla el primer alcance, descriptivo:

> Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014, pág. 92)

Con relación a la definición anterior, el alcance descriptivo permite realizar un análisis completo de las variables que intervienen en una investigación, identificando características particulares para establecer un adecuado aporte al objeto de estudio. Por tal razón, en la presente investigación se hizo un análisis definiendo las características especiales de la OPA y analizando la serie de tiempo para el análisis posterior.

Por otro lado, el alcance correlacional:

> Tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014, pág. 93)

El alcance correlacional permitió en la presente investigación establecer una relación entre el mercado accionario y el modelo ARIMA para la optimización de la toma de decisiones que favorezcan al inversionista, y le brinden un panorama mas claro de la decisión a tomar en el corto plazo.

El alcance de la presente propuesta de investigación permitirá que los inversionistas del mercado valores, específicamente acciones, optimicen la toma de decisiones soportada en resultados estadísticos siempre y cuando establezca una estrategia enfocada en el corto plazo.

La propuesta no involucra escenarios de mediano y largo plazo debido a la debilidad del modelo para esos periodos de tiempo, puesto que entre mayor sea el plazo de predicción, mayor serán los intervalos de acuerdo con el nivel de confianza.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación da lugar a que se haya podido probar una hipótesis para después proceder a verificar y validar los resultados obtenidos permitiendo las conclusiones y recomendaciones, dando lugar al análisis de cómo dicho modelo e implementación brinda soporte al problema planteado.

Para lograr los objetivos propuestos en la presente investigación, implicando la predicción del precio de la acción de la empresa casos de estudio para diferentes fines en favor del inversionista, se plantearon una serie de pasos que fueron de gran importancia en la documentación de resultados, los cuales se presentan a continuación:

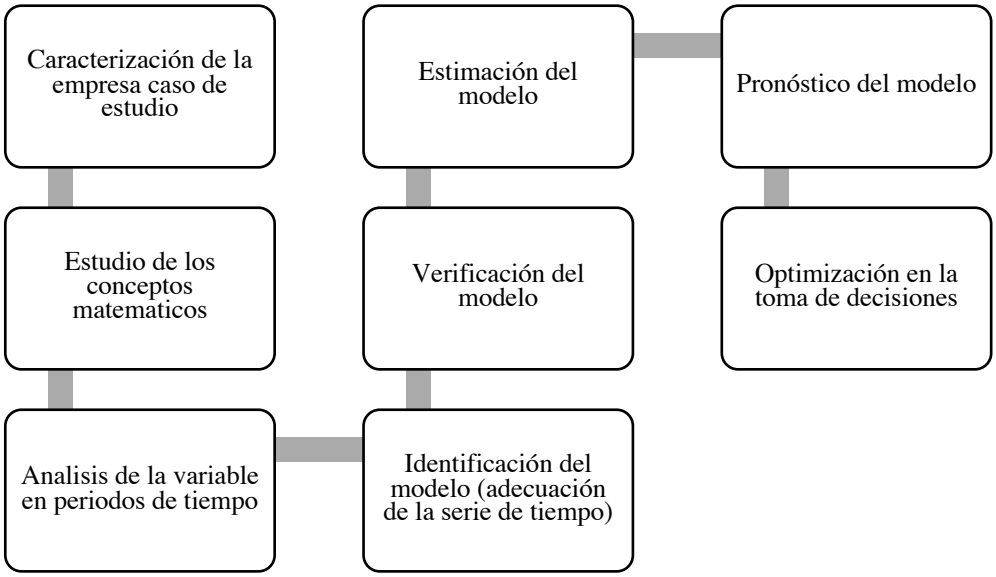

Diagrama 9 Diseño de la investigación

Fuente: Elaboración propia, 2020

Por lo anterior, es importante resaltar que cada uno de los pasos del diagrama No.9, fueron vitales para la estructuración y desarrollo del trabajo de investigación, proporcionando un análisis estadístico de la serie de tiempo, teniendo presente factores económicos que pudieron verse reflejados en los datos a trabajar, así como lograr una optimización de la toma de decisiones basados en el mejor modelo.

Por otro lado, con el fin de seleccionar el mejor modelo ARIMA, que permitiera tomar la mejor decisión, se utilizó el sofware Rstudio, cuya función mas relevante fue la utilización de la función auto.arima, que evalua entre todos los posibles modelos hasta llegar al mejor, considerando los criterios de estacionariedad, estacionalidad, diferencias, entre otras, por lo que permitió realizar diferentes modelos en series de datos con diferentes temporalidades, ya que Almacenes Éxito ha sido muy variable en el valor de la acción.

De igual manera dentro del diseño de investigación es importante mencionar que para este estudio se utilizó un método de tipo no experimental el cual se define como:

> La investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014, pág. 152)

Por lo anterior, fue posible la observación de una serie de tiempo univariadas, analizando su comportamiento en diferentes periodos de tiempo para lograr identificar el impacto del pronostico frente al valor real, determinando así el impacto de esta investigación en la búsqueda de la optimización en la toma de decisiones del inversor en una necesidad puntual.

3.5 Técnicas de recolección de datos

Una vez determinado el diseño de la presente investigación, se establecieron las técnicas de recolección de datos que conllevaron a cumplir con el objeto principal estudio de la investigación que en este caso fue optimizar la toma de decisiones mediante la aplicación de

un modelo ARIMA para establecer estrategias de inversión en el mercado accionario colombiano en el sector comercial cotizante en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC).

En lo que respecta a los datos de la investigación, la estrategia para la recolección, desarrollo y tratamiento de la información en función de los objetivos establecidos está encaminada por las técnicas de recolección de información secundaria, que de acuerdo con la Universidad de Alcalá (2019) "Las fuentes secundarias contienen información organizada, elaborada, producto de análisis, extracción o reorganización que refiere a documentos primarios originales. Son fuentes secundarias: enciclopedias, antologías, directorios, libros o artículos que interpretan otros trabajos o investigaciones" (párr. 2).

Inicialmente, según la definición anterior, permitió realizar un análisis detallado de la importancia del sector comercial en Colombia y la participación de las empresas del mismo sector en el mercado accionario, logrando identifica aspectos de tipo cualitativo y cuantitativo que sirvieron para la construcción posterior del trabajo de investigación.

Adicionalmente, la consulta de las fuentes sirvió como insumo para la implementación y posterior análisis del modelo ARIMA que permitió el desarrollo de la investigación, gracias a que los diferentes autores han construido y aportado en gran cantidad investigaciones de dicho modelo en diferentes variables económicas y financieras, así como variables asociadas diferentes áreas.

Las diversas formas de recolección de información utilizadas en esta investigación son las fuentes internas como libros, artículos, documentos institucionales, estadísticas nacionales y sitios web seguros, más específicamente Almacenes Éxito S.A, la BVC, las publicaciones del gobierno a través de las instituciones gubernamentales tales como el DANE, el Banco de la Republica, investigaciones a una variable especifica, datos comerciales como los resultados que ha tenido el sector comercial en Colombia, datos internacionales e información de internet que ayudan a argumentar la presente investigación.

Es importante mencionar que una de las dificultades que se presentaron al momento de aplicar la metodologia Box & Jenkins, consistieron en que la serie de tiempo contaba con diversas tendencias y fluctuaciones en el mercado que fueron necesarios diferentes analisis y diferentes modelos para lograr llegar a la mejor iteración.

3.6 Tratamiento de datos

Inicialmente el modelo ARIMA busca obtener el mejor modelo para una serie de tiempo, con el fin de calcular los pronosticos y lograr optimizar la toma de decisión del ojetivo planteado en el presente informe.

Por tal razon, durante la aplicación de la metodologia Box & Jenkins se tuvieron que analizar los datos para lograr identificar tendencias, si la serie presenta estacionalidad, o estacionariedad, si existen datos atípicos y si los mismos tienen explicación, verificar los datos en diferentes lapsos de tiempo para modelar y realizar diferentes prubas en el aplicativo Rstudio.

Por tal razon, durante el proceso de construccion y aplicación del modelo ARIMA se tuvieron que efectuar diferentes modelaciones, teniendo en cuenta el error y el criterio AIC para realizar la validación del pronostico con los datos reales y asi cumplir con el objetivo principal de la inverstigación que era otimizar la toma de decisiones respecto a la OPA de acuerdo con los resultados obtenidos en el modelo.

4. Aplicación del modelo ARIMA

4.1 Base de datos:

Para obtener las bases de datos que sirvieron como input de la aplicación de la metodología propuesta, se procedió a descargar la información de la acción ÉXITO diaria de la página web de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), como se muestra en la ilustración No. 2, a partir del 1 de enero de 2010 hasta el 19 de noviembre de 2019, teniendo en cuenta que se contara con los días bursátiles.

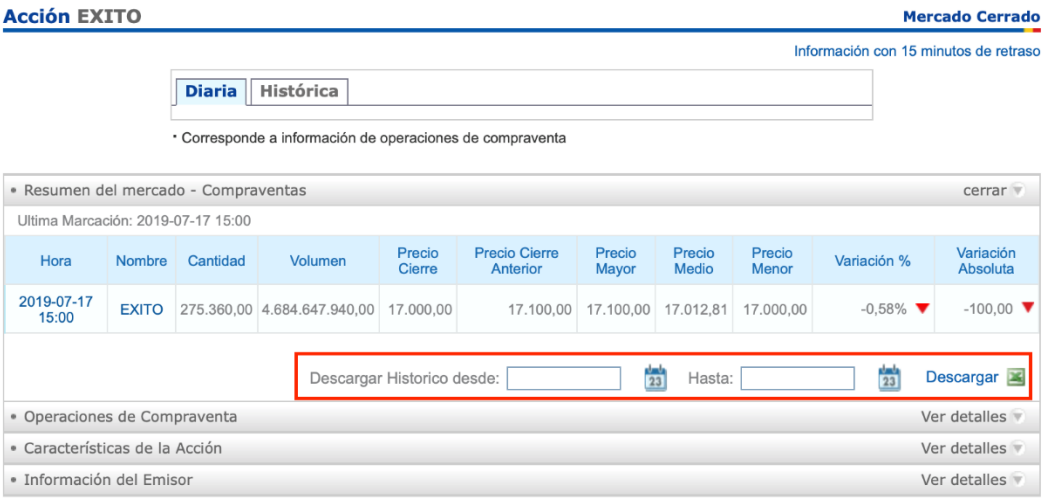

Ilustración 2 Modulo de descarga de la información de la acción ÉXITO de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC)

Fuente: Captura de pantalla de https://www.bvc.com.co/, 2020

4.2 Propuesta: Modelación para obtener predicción de OPA (28 octubre 2019 al 19 noviembre 2019)

El siguiente trabajo de grado considera la siguiente hipótesis con el fin de ser verificada a lo largo de este punto:

Implementando la metodología de Box & Jenkins (modelo ARIMA) que utiliza como variable los datos históricos del valor de las acciones de la empresa Almacenes Éxito en un plazo determinado, es posible predecir el cambio de precio de una acción, con la finalidad de ayudar al inversor a optimizar su toma de decisión de compraventa de sus acciones.

Para lograr la verificación de esta, además de comprobar la viabilidad de la implementación de dicha metodología, se tendrá en cuenta la Oferta Publica de Adquisición (OPA) que dicha empresa tuvo al finalizar entre el 28 de octubre de 2019 al 19 de noviembre de 2019 proponiendo una estrategia respecto a esta oferta una vez fueron habilitadas las negociaciones.

Datos diarios (4 enero 2010 al 13 septiembre 2020)

Partiendo de la primicia que la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) tiene transacciones solo los días bursátiles del año, se determina que se hará la modelación sin tener en cuenta los días en que no se generan negociaciones en la BVC. Es necesario aclarar que no se tuvieron en cuenta los precios del 16 de septiembre 2019 hasta el 18 de octubre de 2019, ya que durante ese periodo de tiempo se genero la suspensión de la negociación bursátil de los valores objeto de la OPA, retornando las negociaciones en bolsa el 21 de octubre 2019, fecha en la cual inicia la predicción.

A continuación, se evidencia la grafica no. 4 con el fin de identificar tendencias de la grafica y tomar decisiones respecto a los datos, para lo cual se observa que:

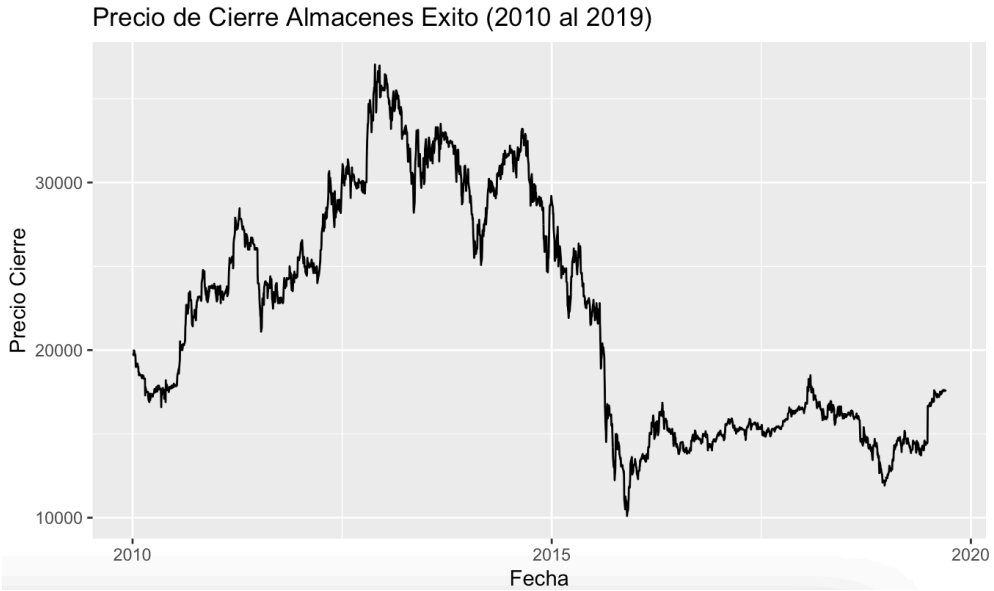

Gráfico 4 Base de datos del precio de cierre de Almacenes Éxito (4 enero de 2010 al 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

Del gráfico No. 4. *Base de datos del precio de cierre de Almacenes Éxito (4 enero de 2010 al 13 septiembre 2019 días bursátiles),* se puede decir que se evidencian tres tendencias, sin embargo, se procedió a descomponer la serie de tiempo, para obtener el gráfico de la tendencia, que se muestra a continuación:

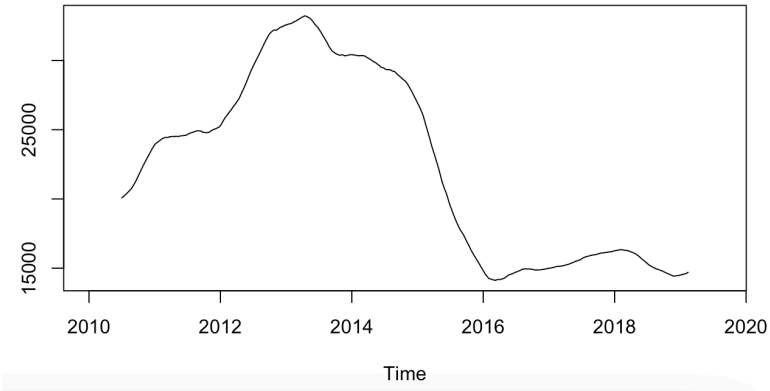

Gráfico 5 Tendencia de la Base de datos del precio de cierre de Almacenes Éxito (4 enero de 2010 al 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

Una vez obtenida solo la tendencia de la base datos, que se muestra en el gráfico No. 5, se puede percibir mas claramente las tres tendencias de las que se hablaba con anterioridad, las cuales son:

a) Del 2010 al 2014 tendencia alcista
b) Del 2014 al 2016 tendencia bajista
c) Del 2016 al 2019, se evidencia leve tendencia alcista.

Adicionalmente, se evidencia que en el periodo de junio 2019 existió una fluctuación poco normal de la acción, la cual una vez analizada se determinó que el precio de la acción tuvo una variación de 14,6%, pasando de COP $14.520 a COP $16.640, impulsado por las noticias de reestructuración en América Latina por parte del Grupo Casino, su casa matriz, a través de la compañía Pão de Açúcar, lo que la convierte en una situación atípica a la fluctuación regular del precio de la acción Almacenes Éxito.

También fue necesario realizar un análisis de los datos para determinar la modelación mas adecuada, por lo que al identificar tendencias marcadas distribuida en tres periodos se tomo la decisión de realizar las pruebas teniendo en cuenta tres periodos de tiempo diferentes:

1. 4 enero 2010 al 13 de septiembre de 2019
2. 2 enero 2014 al 13 de septiembre de 2019
3. 4 enero de 2016 al 13 de septiembre 2019

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el proceso inicial para cada una de las iteraciones corresponde a instalar los paquetes y cargar las librerías en RStudio, para después importar las bases de datos al software, en donde se evidencia la variable de Fecha (en formato tipo carácter – chr) y la variable denominada Precio.Cierre (con formato tipo entero – int). Posteriormente se convierten las variables, Fecha a tipo fecha (date) y Precio.Cierre a tipo numérico (núm.).

1. ***<u>Modelo 1: 4 enero 2010 al 13 de septiembre de 2019</u>***

Se identifico una serie con (2.367) registros. Se procede a convertir la base de datos a tipo serie de tiempo (ts), esto es necesario para poder continuar con la aplicación del modelo ARIMA y se grafica:

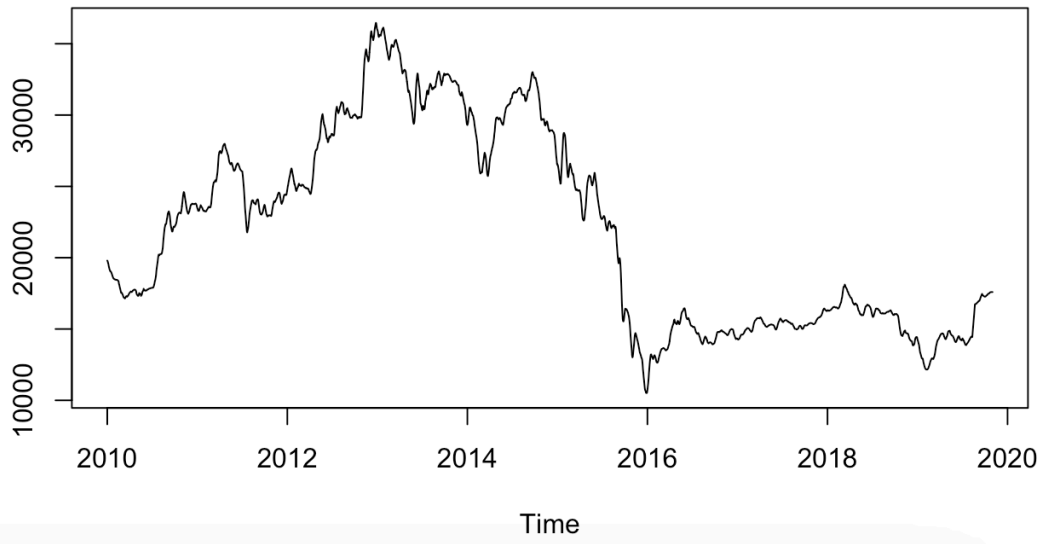

Gráfico 6 Serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el gráfico No. 6 se puede deducir que no existe una tendencia clara en toda la serie, sino que la misma contiene periodos con tendencia alcista y bajista, unas mas marcadas que otras. Adicionalmente, se logro evidenciar que la serie es no estacionaria debido a que la tendencia es cambiante, la media y la varianza no son constantes.

Se procede a realizar la descomposición la serie en los componentes: tendencia, estacionalidad y aleatoriedad donde se evidencia lo dicho anteriormente con mayor claridad en el gráfico No. 7 a continuación:

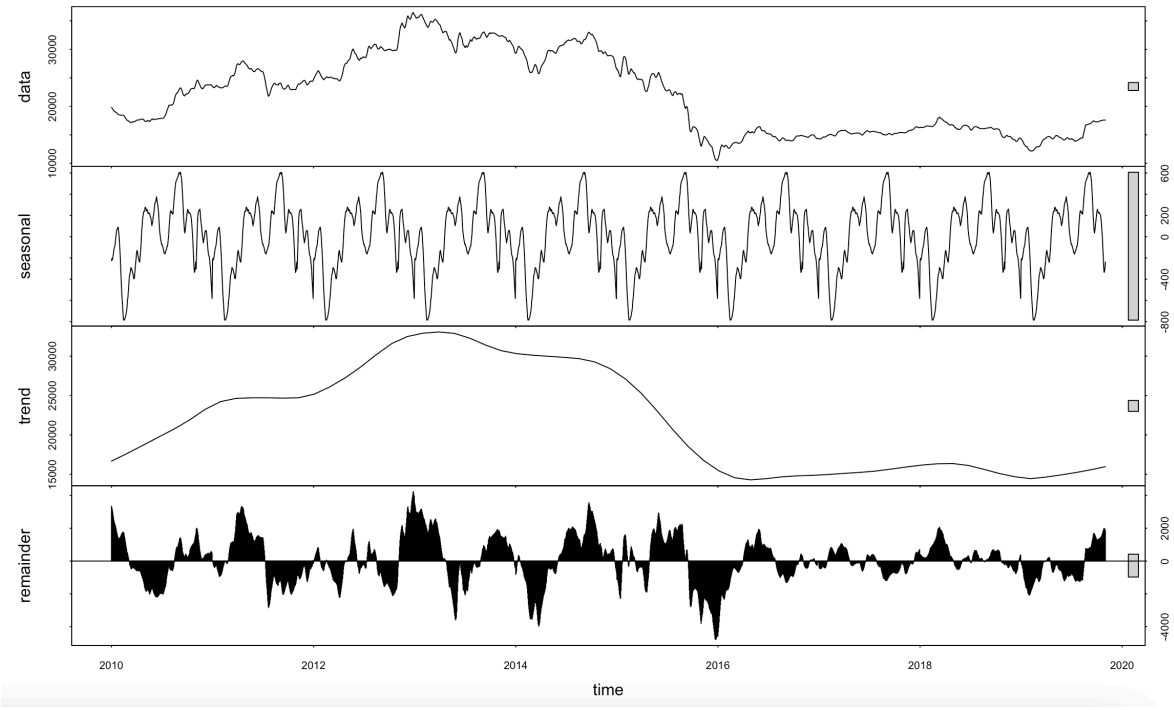

Gráfico 7 Descomposición de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Tendencia: no cuenta con una tendencia definida.
- Estacionalidad: parece que existe un patrón repetitivo anual.

Para tener la certeza de la no estacionariedad en la serie, se comprueba mediante la prueba aumentado de Dickey - Fuller, cuyas hipótesis son: $H_0 = p\ valor > 0{,}05\ No\ estacionaria$ y $H_1 = p\ valor < 0{,}05\ Estacionaria$, encontrando que:

```
        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  count_ma
Dickey-Fuller = -1.8933, Lag order = 13, p-value = 0.6235
alternative hypothesis: stationary
```

Ilustración 3 Prueba Aumentada de Dickey Fuller de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la ilustración No. 3 se comprueba que el $p\ valor = 0.6235 > 0{,}05$, lo que significa que se cumple la hipótesis nula, confirmando que la serie no es estacionaria. Dicho lo anterior, es necesario realizar cambios a la serie, para que la misma se convierta en estacionaria y así poder aplicar el modelo ARIMA. Por tanto, se procede a identificar el número de diferencias con ndiffs (), obteniendo como resultado aplicar la primera diferencia, de lo cual se obtiene:

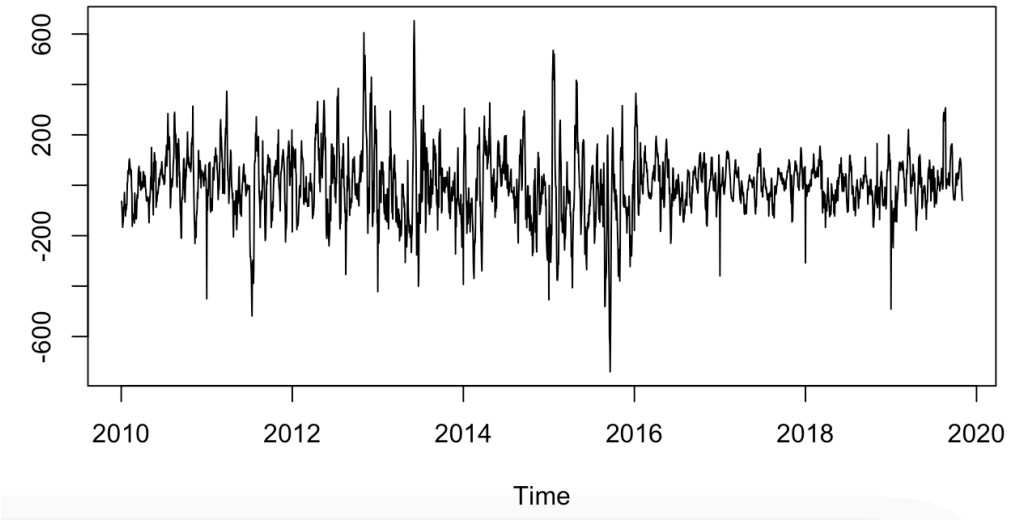

Gráfico 8 Primera Diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

El gráfico No. 8 muestra la diferencia que fue aplicada a la serie, encontrándose con una media en torno a cero y una varianza constante de la mayoría de los datos, excepto algunos picos, por tanto, se debe constatar su estacionariedad. Se procede a aplicar la prueba aumentada de Dickey Fuller encontrando que se $p\ valor = 0.01 < 0{,}05$, lo que confirma que la serie es estacionaria, tal como se observa en la ilustración No. 4 a continuación:

```
        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  count_d1
Dickey-Fuller = -11.988, Lag order = 13, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Ilustración 4 Prueba Aumentada de Dickey Fuller de la primera diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se procede a elaborar el modelo ARIMA, con la función auto. arima, la cual esta diseñada para elegir el mejor modelo mediante una serie de iteraciones va buscando el mejor modelo y el resultado después de sucesivas iteraciones, se queda con el modelo que tuvo el menor valor de AICc.

```
ARIMA(5,1,3)

Coefficients:
         ar1      ar2     ar3      ar4      ar5      ma1     ma2      ma3
      1.1524  -0.8190  1.0321  -0.4721  -0.0690  -0.3013  0.6868  -0.6717
s.e.  0.0527   0.0439  0.0444   0.0483   0.0232   0.0491  0.0238   0.0467

sigma^2 estimated as 5033:  log likelihood=-13403.72
AIC=26825.45   AICc=26825.53   BIC=26877.35

Training set error measures:
                     ME    RMSE      MAE           MPE      MAPE     MASE        ACF1
Training set -0.2387617 70.8061 49.16525 -0.0001565428 0.2306082 0.011541 -0.00750023
```

Ilustración 5 Mejor modelo ARIMA de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la ilustración No. 5 la función auto.arima escogió como mejor modelo el ARIMA (5,1,3), es decir que cuenta con cinco autorregresivos, una diferenciación y 3 medias móviles.

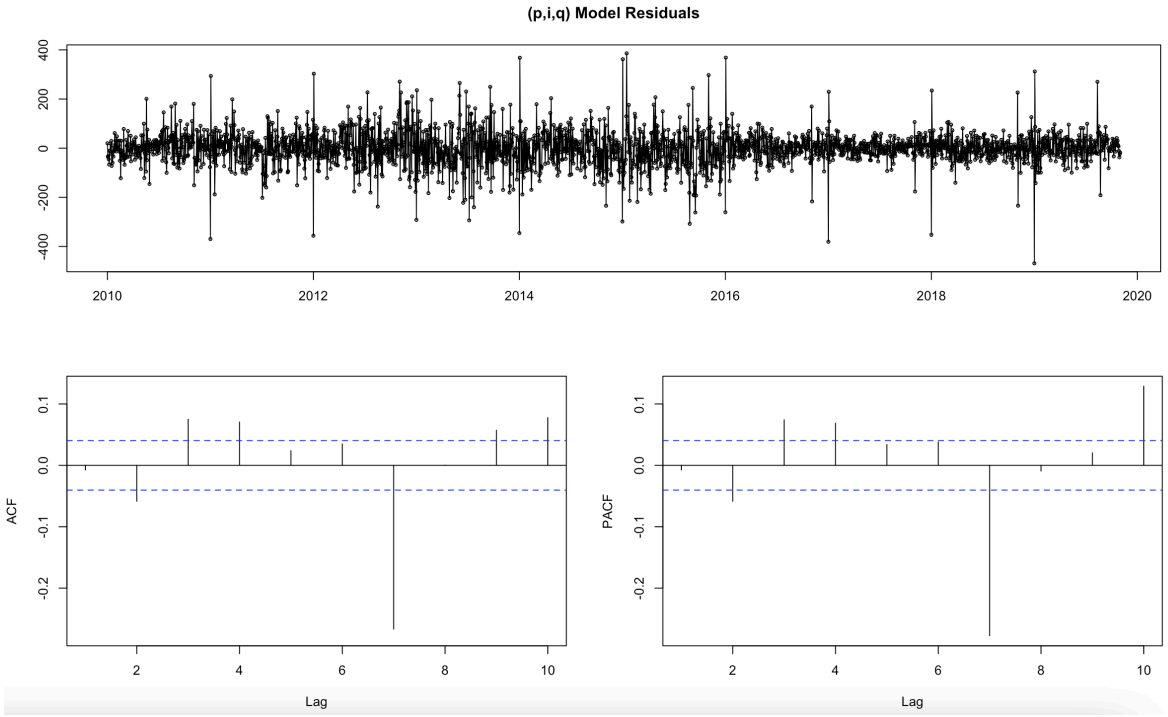

Gráfico 9 Residuales del modelo (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el grafico No. 9 se evidencian los residuales del modelo, así como la función de autocorrelación y autocorrelación parcial, evidenciando autocorrelaciones significativas en el modelo, siendo el retraso tres y siete significativos negativos y los retrasos 3, 4 y 9 y 10 significativos positivos.

Ahora se procede a comprobar la existencia de ruido blanco (el adecuado ajuste del modelo) teniendo en cuenta que el ruido blanco cuenta con media cero, varianza constante y covarianzas nulas, mediante la prueba de Ljung Box, cuyas hipótesis son: $H_0 = p\ valor > 0{,}05\ Ruido\ blanco$ y $H_1 = p\ valor < 0{,}05\ No\ es\ ruido\ blanco$, encontrando que:

```
Box-Ljung test

data:  residuals(modeloarima)
X-squared = 0.13298, df = 1, p-value = 0.7154
```

Ilustración 6 p value de la prueba Ljung Box del modelo ARIMA (5,1,3) (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

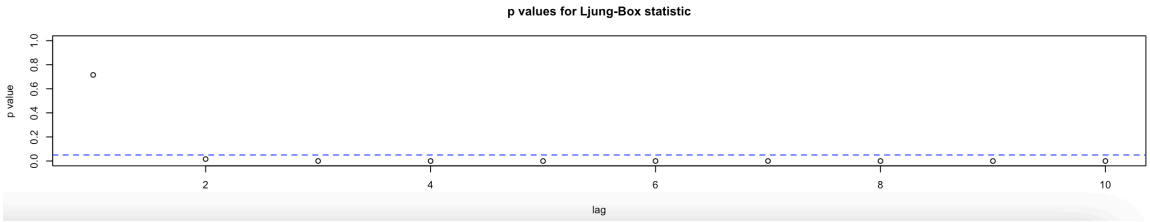

Gráfico 10 Prueba Ljung Box del modelo ARIMA (5,1,3) (4 enero 2010 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la ilustración No. 6 el $p\ valor = 0{,}7154 > 0{,}05$, por lo que se acepta la hipotesis nula, lo que significa que el modelo cumple con las caracteristicas de un ruido blanco, sin embargo, al evaluar los errores en el gráfico No. 10 se evidencia que el p valor que cumple con el supuesto de ruido blanco es el retraso 1, los demas estan por debajo de 0.05, es por esta razon que al evaluar los residuales se descarta éste como un posible modelo.

2. ***<u>Modelo 2: 2 enero 2014 al 13 de septiembre de 2019</u>***

Se identificó una serie con (1.389) registros. Se procede a convertir la base de datos a tipo serie de tiempo, esto es necesario para poder continuar con la aplicación del modelo ARIMA y se grafica:

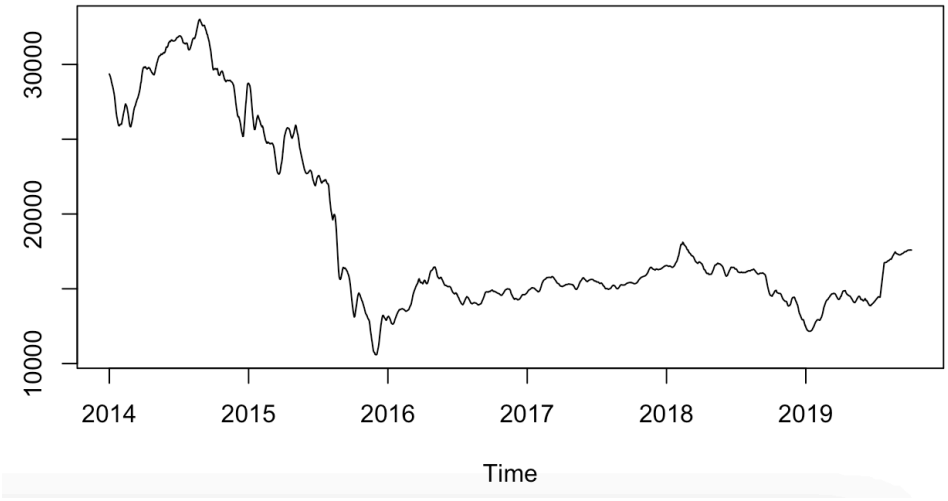

Gráfico 11 Serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el gráfico No. 11 se puede deducir que no existe una tendencia establecida en toda la serie, sino que la misma se puede interpretar en dos periodos de tiempo, 2014 a inicios del 2016 se da una tendencia a la baja. Posteriormente se evidencian pequeñas tendencias en cortos lapsos de tiempo, sin embargo, la tendencia general es un poco más estable y tiende al alza.

Por otro lado, se logra evidenciar que la serie es no estacionaria debido a que la tendencia es cambiante, la media y la varianza no son constantes. Sin embargo, se procede a realizar la descomposición de la serie en los componentes: tendencia, estacionalidad y aleatoriedad evidenciado en el gráfico No. 12 a continuación:

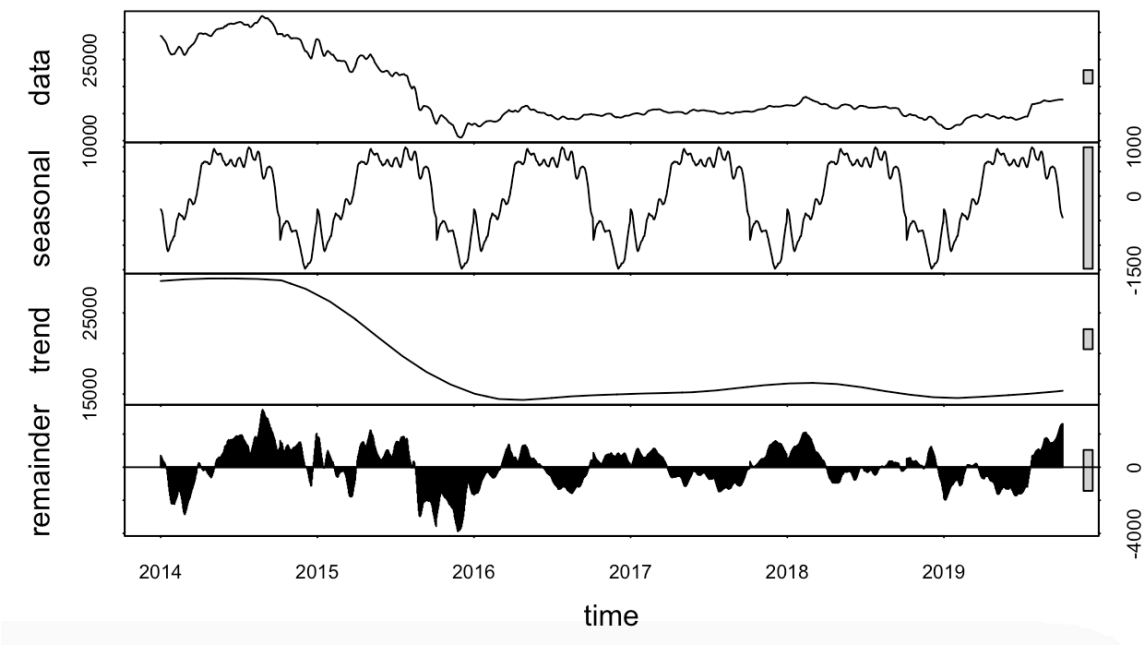

Gráfico 12 Descomposición de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Tendencia: no cuenta con una tendencia clara
- Estacionalidad: parece que existe un patrón repetitivo anual

Para tener la certeza de la no estacionariedad en la serie, se compueba mediante la prueba aumentada de Dickey-Fuller:

```
        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  count_ma
Dickey-Fuller = -0.62459, Lag order = 11, p-value = 0.9762
alternative hypothesis: stationary
```

Ilustración 7 Test Aumentado de Dickey Fuller de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la ilustración No. 7 se comprueba que el el $p\ valor = 0.9762 > 0{,}05$, por lo tanto se cumple la hipotesis nula, confirmando que la serie no es estacionaria. Dicho lo anterior, es necesario realizar cambios a la serie, para que la misma se convierta en estacionaria y asi poder aplicar el modelo ARIMA. Por tanto, se procede a identificar el número de diferencias con ndiffs() , obteniendo como resultado aplicar la primera diferencia, de lo cual se obtiene:

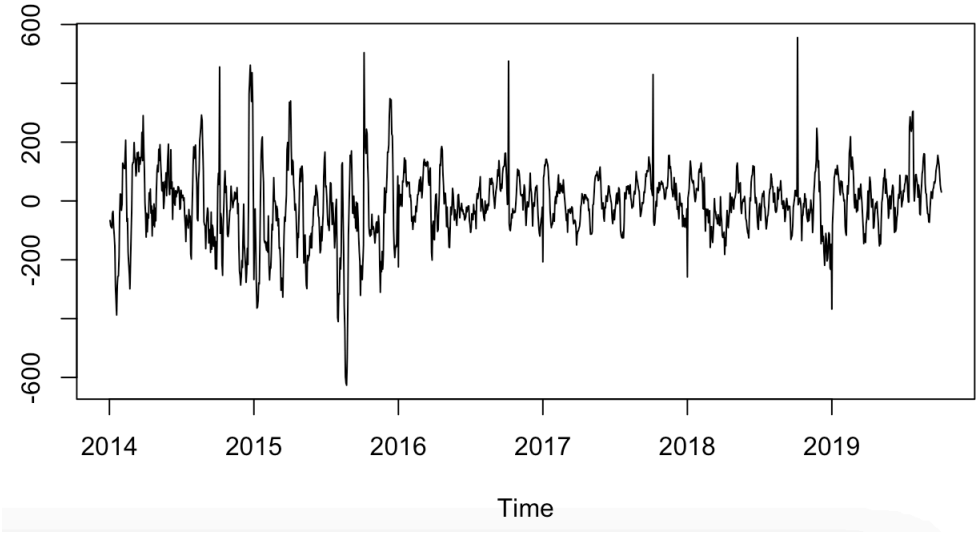

Gráfico 13 Primera Diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

El gráfico No. 13 muestra la diferencia que fue aplicada a la serie, encontrándose con una media en torno a cero y una varianza constante de la mayoría de los datos, excepto algunos picos, por tanto, se debe constatar su estacionariedad. Se procede a aplicar la prueba aumentada de Dickey Fuller encontrando que $p\ valor = 0.01 < 0{,}05$, lo que confirma que la serie es estacionaria, tal como se observa en la ilustración No. 8 a continuación:

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data:  count_d1
Dickey-Fuller = -10.722, Lag order = 11, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Ilustración 8 Test Aumentado de Dickey Fuller de la primera diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2014 – 13 septiembre 2019)

Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se procede a elaborar el modelo ARIMA, con la función auto. arima, de lo cual se obtiene:

```
ARIMA(4,1,5)

Coefficients:
         ar1      ar2     ar3      ar4      ma1     ma2      ma3     ma4     ma5
      1.2855  -1.1317  0.6696  -0.2332  -0.5634  0.9081  -0.1020  0.2954  0.2353
s.e.  0.1493   0.2226  0.1704   0.0688   0.1466  0.1185   0.1145  0.0342  0.0487

sigma^2 estimated as 4440:  log likelihood=-7760.6
AIC=15541.2   AICc=15541.36   BIC=15593.51

Training set error measures:
                    ME     RMSE      MAE          MPE      MAPE      MASE         ACF1
Training set -1.902114 66.38865 42.25848 -0.006687954 0.2358427 0.0100284 0.0008081421
```

Ilustración 9 Mejor modelo ARIMA de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (2 enero 2042 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la ilustración No. 9 la función auto.arima escogió como mejor modelo el ARIMA (4,1,5), es decir que tiene cuatro autorregresivos, una diferencia y cinco medias móviles.

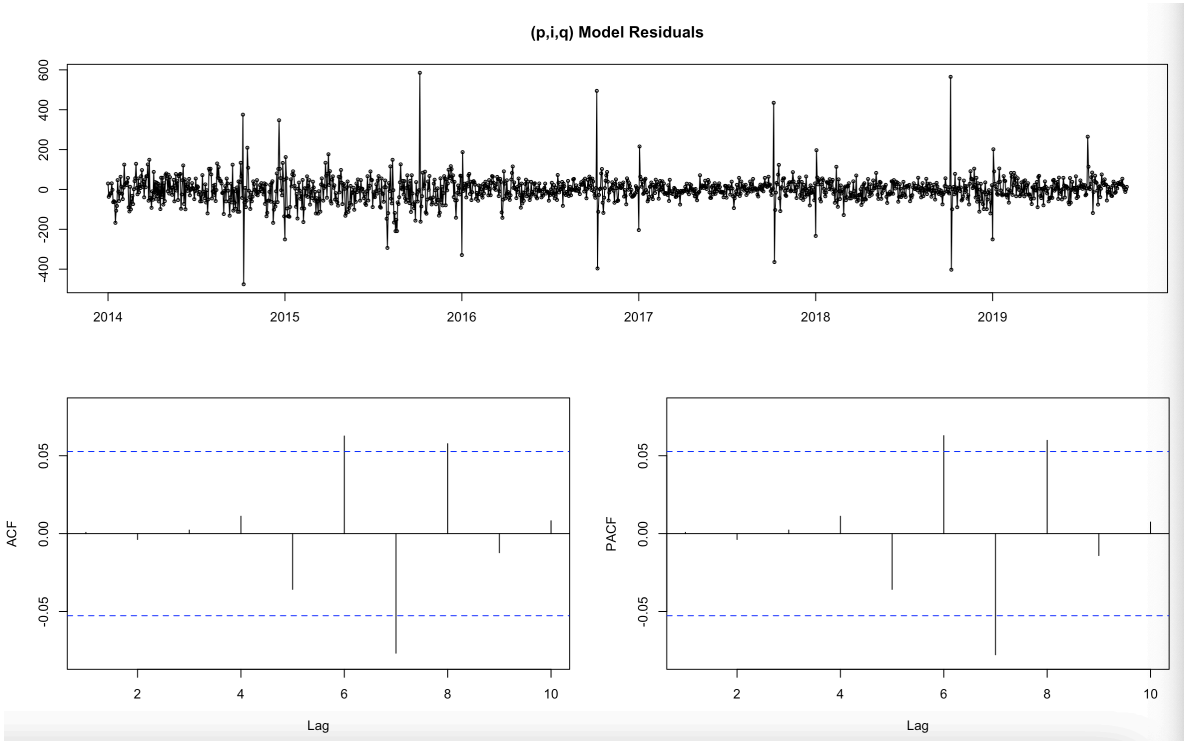

Gráfico 14 Residuales del modelo (2 enero 2014 al 13 de septiembre de 2019)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el grafico No. 14 se evidencian los residuales del modelo, así como la función de autocorrelación y autocorrelación parcial, evidenciando que no existen autocorrelaciones significativas en el modelo, apoyando el supuesto de que no existe un patrón en los residuales.

Ahora se procede a comprobar la existencia de ruido blanco (media cero, varianza constante y covarianzas nulas), mediante la prueba de Ljung Box, encontrando que:

```
Box-Ljung test

data:  residuals(modeloarima)
X-squared = 0.00090519, df = 1, p-value = 0.976
```

Ilustración 10 p value de la prueba Ljung Box del modelo ARIMA (4,1,5) (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

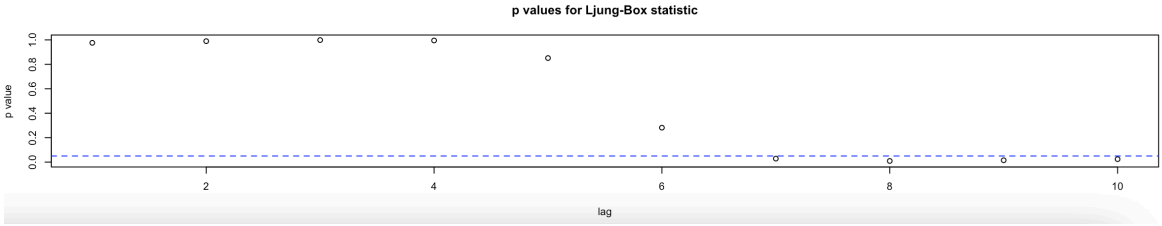

Gráfico 15 Prueba Ljung Box del modelo ARIMA (4,1,5) (2 enero 2014 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la ilustración No. 10 se evidencia que el $p\ valor = 0.976 > 0{,}05$, se acepta la hipotesis nula, adicionalmente al evaluar los errores en el gráfico No. 15 se evidencia que el p valor que cumple con el supuesto de ruido blanco hasta el retraso 5, sin embargo, los demas estan por debajo de 0.05, es por esta razon que el modelo podria considerarse como bueno, sin embargo, esto se evaluará teniendo en cuenta el error cuadratico medio y el AIC en comparación con otro posible modelo.

3. ***<u>4 enero 2016 al 13 de septiembre de 2019</u>***

Se identificó una serie con (903) registros. Se procede a convertir la base de datos a tipo serie de tiempo, esto es necesario para poder continuar con la aplicación del modelo ARIMA y se grafica:

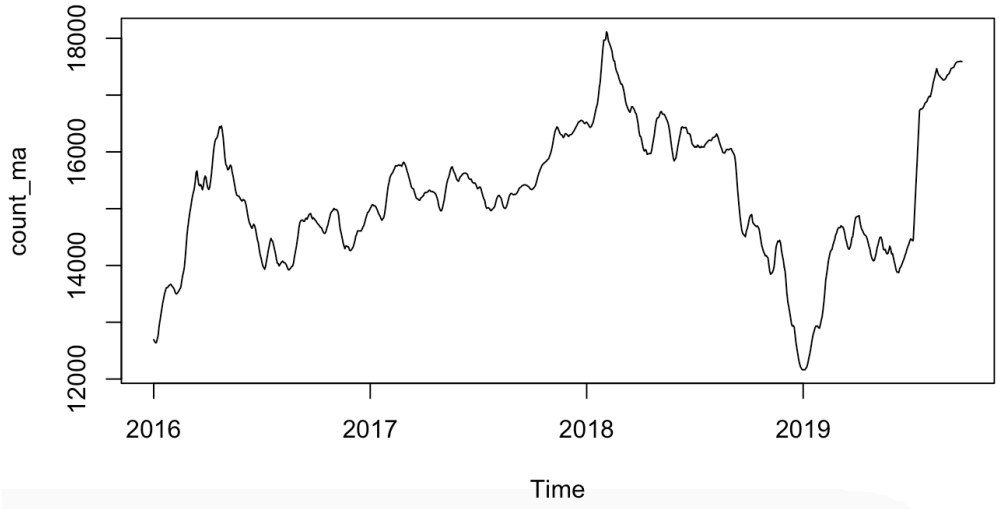

Gráfico 16 Serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el gráfico No. 16 se puede deducir que no existe una tendencia establecida en toda la serie, sino que la misma se puede interpretar en tres periodos de tiempo, 2016 al 2018 se evidencia una tendencia alcista, del 2018 al 2019 la tendencia es a la baja llegando al valor mas bajo de la acción en esta serie de datos y en 2019 la acción vuelve a ser impulsada, sobre todo en el momento que va a iniciar la OPA.

Adicionalmente, se logró evidenciar que la serie es no estacionaria debido a que la tendencia es cambiante, la media y la varianza no son constantes. Sin embargo, se procede a realizar la descomposición de la serie en los componentes: tendencia, estacionalidad y aleatoriedad evidenciado en el gráfico No. 17 a continuación:

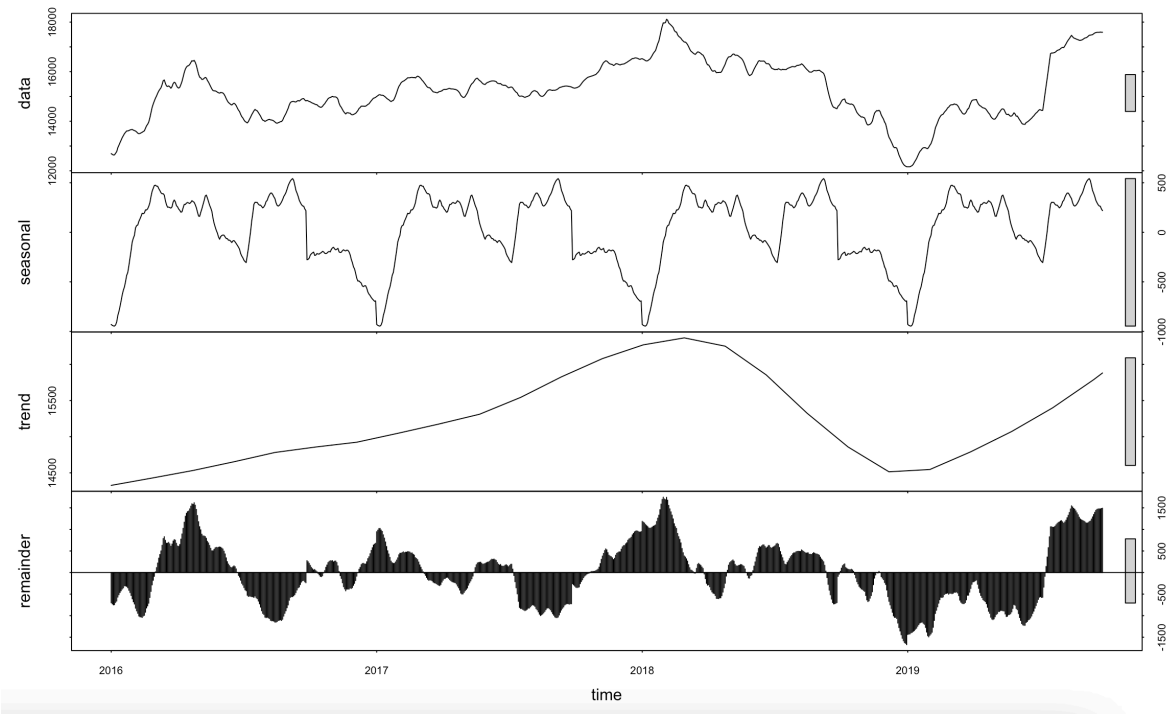

Gráfico 17 Descomposición de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

- Tendencia: no cuenta con una tendencia clara.
- Estacionalidad: parece que existe un patrón repetitivo anual.

Para tener la certeza de la no estacionariedad en la serie, se compueba mediante el test aumentado de Dickey-Fuller, encontrando que:

```
        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  count_ma
Dickey-Fuller = -2.4603, Lag order = 9, p-value = 0.3835
alternative hypothesis: stationary
```

Ilustración 11 Test Aumentado de Dickey Fuller de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la ilustración No. 11 se comprueba que el p-valor 0.3835>0.05, por lo tanto se cumple la hipotesis nula, confirmando que la serie no es estacionaria. Dicho lo anterior, es necesario realizar cambios a la serie, para que la misma se convierta en estacionaria y asi poder aplicar el modelo ARIMA. Por tanto se porcede a identificar el número de diferencias con ndiffs () , obteniendo como resultado aplicar la primera diferencia, de lo cual se obtiene:

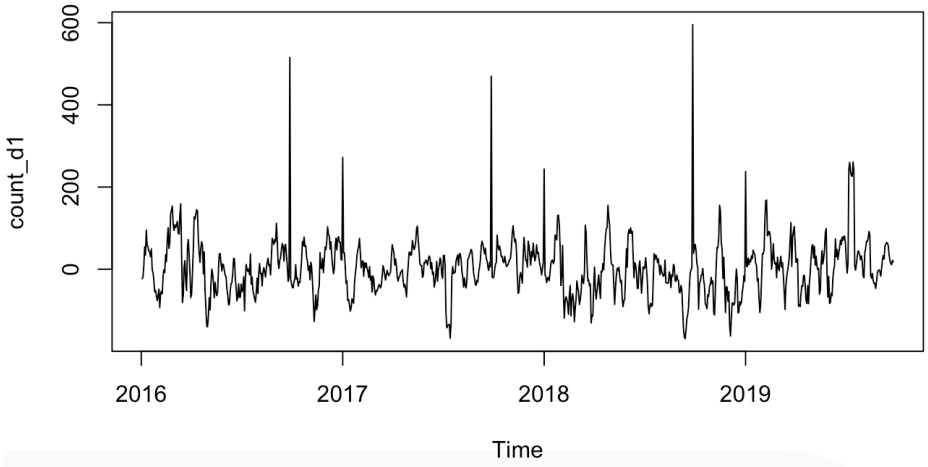

Gráfico 18 Primera Diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

El gráfico No. 18 muestra la diferencia que fue aplicada a la serie, encontrándose con una media en torno a cero y una varianza constante, por tanto, se debe constatar su estacionariedad. Se procede a aplicar el el test aumentado de Dickey Fuller encontrando que $p\ valor = 0.01 < 0{,}05$, lo que confirma que la serie es estacionaria, tal como se observa en la ilustración No. 12 a continuación:

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data:  count_d1
Dickey-Fuller = -7.4678, Lag order = 9, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Ilustración 12 Test Aumentado de Dickey Fuller de la primera diferencia de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación, se procede a elaborar el modelo ARIMA, con la función auto. arima, de lo cual se obtiene:

```
ARIMA(1,1,1)

Coefficients:
         ar1      ma1
      0.7921  -0.2614
s.e.  0.0297   0.0464

sigma^2 estimated as 2729:  log likelihood=-4815.02
AIC=9636.05   AICc=9636.07   BIC=9650.44

Training set error measures:
                   ME     RMSE      MAE         MPE      MAPE       MASE         ACF1
Training set 1.221085 52.14978 30.11132 0.008853399 0.1988837 0.01974033 -0.001819196
```

Ilustración 13 Mejor modelo ARIMA de la serie de tiempo de precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la ilustración No. 13 la función auto.arima escogió como mejor modelo el ARIMA (1,1,1), es decir que cuenta con un autorregresivo, una diferenciación y una media móvil.

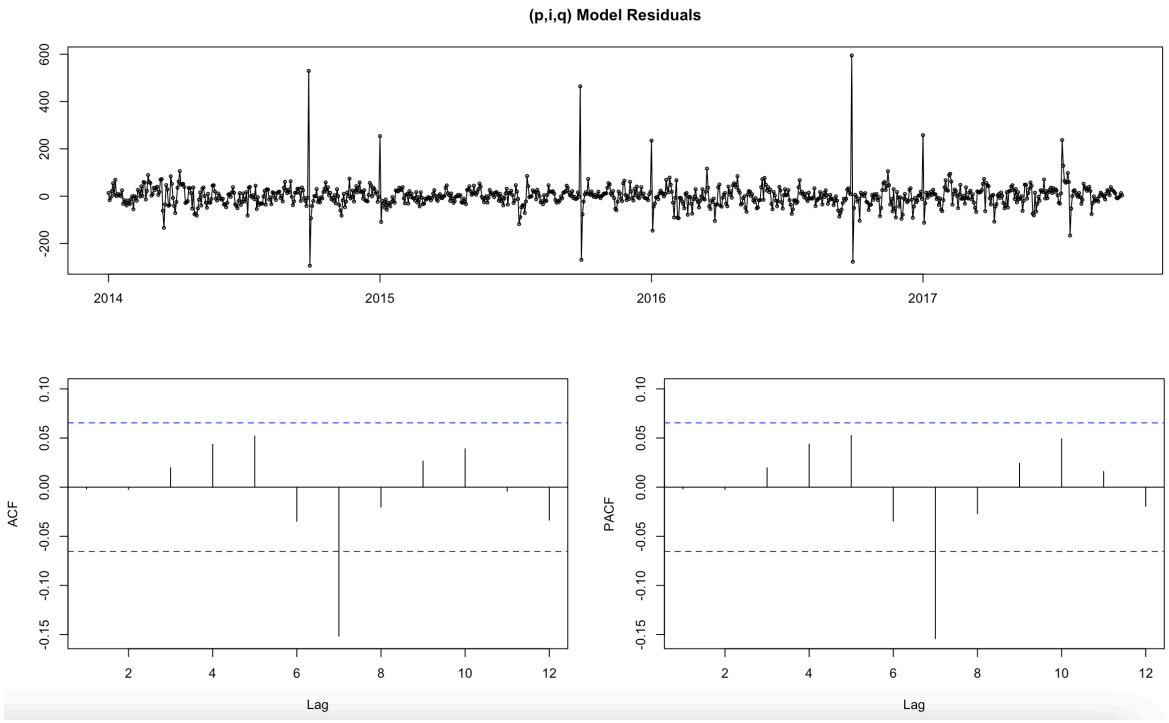

Gráfico 19 Residuales del modelo (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el gráfico No. 19 se evidencian los residuales del modelo, así como la función de autocorrelación y autocorrelación parcial, evidenciando que no existen autocorrelaciones significativas en el modelo a excepción del retraso numero 7 el cual esta presente en todas las series de tiempo en razón a que fue un periodo muy significativo en donde se evidenció una clara caída del precio, apoyando el supuesto de que no existe un patrón en los residuales.

Ahora se procede a comprobar la existencia de ruido blanco (media cero, varianza constante y covarianzas nulas), mediante la prueba de Ljung Box:

```
        Box-Ljung test

data:  residuals(modeloarima)
X-squared = 0.0029785, df = 1, p-value = 0.9565
```

Ilustración 14 pvalue de la prueba Ljung Box del modelo ARIMA (1,1,1) (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

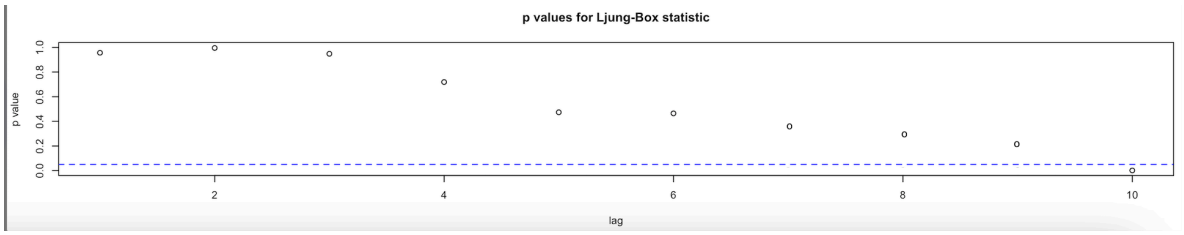

Gráfico 20 Prueba Ljung Box del modelo ARIMA (1,1,1) (4 enero 2016 – 13 septiembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la ilustración No. 14 se evidencia que el $p\ valor = 0.9565 > 0{,}05$, se acepta la hipotesis nula, lo que significa que el modelo cumple con las caracteristicas de un ruido blanco. Por otro lado en el grafico No. 20 se evidencia que para todos los resagos a excepxión del ultimo el p valor > 0.05, por lo que existe posible escogencia como mejor modelo.

5. Resultados

Partiendo de la primicia que para cada uno de los modelos obtenidos se realizaron múltiples simulaciones de modelos ARIMA, obteniendo el mejor basado en el criterio AIC, AICc y BIC, se procede a identificar el mejor modelo para la Propuesta 1: Modelación para obtener predicción de OPA (28 octubre 2019 al 19 noviembre 2019) teniendo en cuenta los diferentes periodos de tiempo planteados (4 enero 2010 al 13 septiembre 2019 (1), 2 enero 2014 al 13 septiembre 2019 (2) y 4 enero del 2016 al 13 septiembre 2019 (3)), identificando lo siguiente:

Modelo	RMSE	MAE	AIC	AICc	BIC
(1) ARIMA (5,1,3)	70,8061	49,1652	26.825,45	26.825,53	26.877,35
(2) ARIMA (4,1,5)	66,3886	42,2584	15.541,2	15.541,36	15.593,51
(3) ARIMA (1, 1, 1)	52,1497	30,1113	9.636,05	9.636,07	9.650,44

Tabla 13 Errores de los modelos ARIMA

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la tabla No. 13, se hará la escogencia del mejor modelo basados en el menor AIC y se va a tener en cuenta la medida de error RMSE (error cuadrático medio), que indica el ajuste absoluto del modelado a los datos, es decir que indica qué tan cerca están los datos observados vs los datos predichos por el modelo, esto debido a que el propósito principal del modelo es la predicción de los datos; siendo así, el mejor modelo en ambos indicadores el ARIMA (1,1,1) teniendo en cuenta una base de datos del 4 enero 2016 al 13 de septiembre del 2019.

Por otra parte, se procede a hacer una prueba de backtesting, entendiendo esta prueba como la comparación de los datos predictivos con los datos reales durante los 20 días que se realizó el pronóstico (21 octubre 2019 al 19 noviembre 2019), para los posibles modelos que en este caso corresponde al (2) y al (3) debido a que el modelo (1) fue descartado por el

comportamiento de los residuos. Dicho backtesting se realiza para evaluar el mejor modelo, adicional a las medidas de error consideradas anteriormente.

Fecha	Precio de Cierre Real	Precio Pronóstico (2)	Diferencia $ (2)	Diferencia % (2)	Precio Pronóstico (3)	Diferencia $ (3)	Diferencia % (3)
21/10/2019	$ 17.800	18.154	354	2,0%	$ 17.411	$ 389	-2,2%
22/10/2019	$ 17.860	18.186	326	1,8%	$ 17.416	$ 444	-2,5%
23/10/2019	$ 17.880	18.218	338	1,9%	$ 17.420	$ 460	-2,6%
24/10/2019	$ 17.900	18.250	350	2,0%	$ 17.423	$ 477	-2,7%
25/10/2019	$ 17.860	18.282	422	2,4%	$ 17.426	$ 434	-2,4%
28/10/2019	$ 17.880	18.313	433	2,4%	$ 17.428	$ 452	-2,5%
29/10/2019	$ 17.860	18.345	485	2,7%	$ 17.429	$ 431	-2,4%
30/10/2019	$ 17.880	18.377	497	2,8%	$ 17.431	$ 449	-2,5%
31/10/2019	$ 17.900	18.409	509	2,8%	$ 17.432	$ 468	-2,6%
01/11/2019	$ 17.900	18.441	541	3,0%	$ 17.432	$ 468	-2,6%
05/11/2019	$ 17.900	18.472	572	3,2%	$ 17.433	$ 467	-2,6%
06/11/2019	$ 17.900	18.504	604	3,4%	$ 17.434	$ 466	-2,6%
07/11/2019	$ 17.980	18.536	556	3,1%	$ 17.434	$ 546	-3,0%
08/11/2019	$ 17.940	18.568	628	3,5%	$ 17.434	$ 506	-2,8%
12/11/2019	$ 17.900	18.599	699	3,9%	$ 17.435	$ 465	-2,6%
13/11/2019	$ 17.940	18.631	691	3,9%	$ 17.435	$ 505	-2,8%
14/11/2019	$ 17.960	18.663	703	3,9%	$ 17.435	$ 525	-2,9%
15/11/2019	$ 17.940	18.695	755	4,2%	$ 17.435	$ 505	-2,8%
18/11/2019	$ 17.900	18.727	827	4,6%	$ 17.435	$ 465	-2,6%
19/11/2019	$ 17.000	18.758	1.758	10,3%	$ 17.435	-$ 435	2,6%
	Diferencia promedio			**3,4%**			**-2,4%**

Tabla 14 Backtesting del Modelo (2) ARIMA (4,1,5) y el Modelo (3) ARIMA (1,1,1)

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la tabla No. 14 se logra evidenciar que los pronósticos del modelo (2) estuvieron por encima del valor real, teniendo como máximo una diferencia de 10,3% mientras que el pronostico del modelo (3) estuvo por debajo del valor real teniendo una diferencia máxima de -3%. Por otro lado, las diferencias del modelo (2) se comportan con tendencia creciente, mientras que los errores del pronostico con el modelo (3) se mantienen constantes en un promedio de -2,4%.

Es por lo anterior, que se determina como mejor modelo ARIMA el (3), contando entonces con un autorregresivo, una diferenciación y una media movil, ademas, los errores producidos por este modelo cumplen con los supuestos de normalidad y aleatoriedad, lo que permite confiar en la bondad de ajuste del mismo.

Por otro lado, para medir los resultados frente al precio real se identifica el gráfico a continuación:

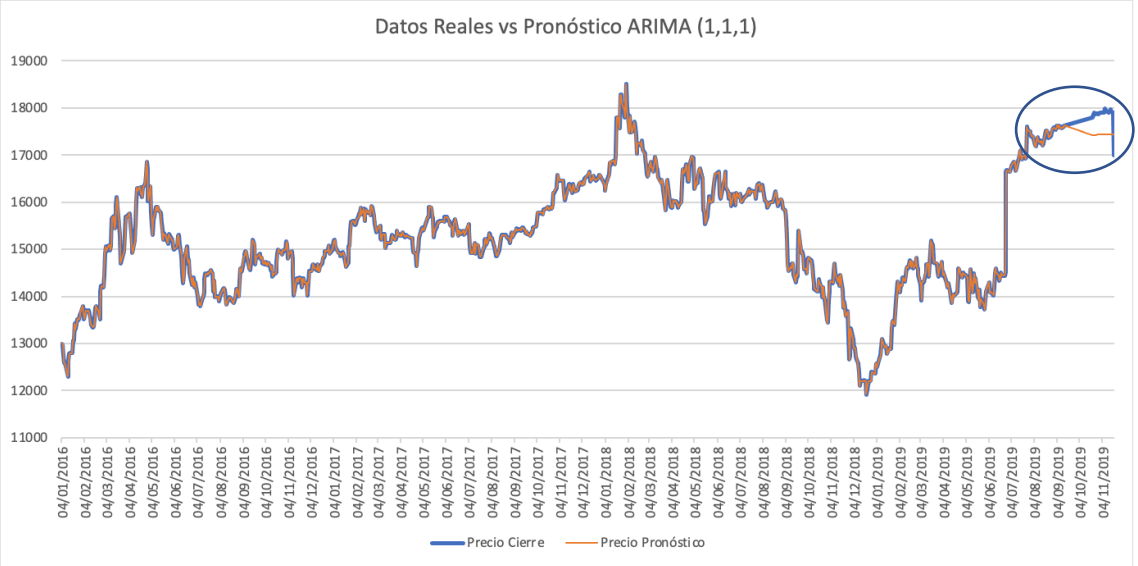

Gráfico 21 Comparación de predicción vs datos reales para los precios de cierre de Almacenes Éxito (4 enero 2016 al 19 noviembre 2019 días bursátiles)

Fuente: Elaboración propia, 2021

El gráfico No. 21, se evidencia que las cifras pronosticadas vs las reales son cercanas, aunque no exactas, teniendo en cuenta que una predicción tiene sesgo de error. Adicionalmente, se evidencia que el precio de cierre de la acción entre el (28 oct 2019 al 19 nov 2019) va a estar por debajo del precio ofrecido en la OPA ($18.000). Por otro lado, con base en la tabla No. 14 se evidencia que los datos pronosticados estuvieron por debajo de los datos reales, que calculando el promedio de estas diferencias se evidenció que corresponde al -2,4% (COP $ 423). El mayor error evidenciado corresponde al del día 7 de noviembre 2019, ya que el pronóstico de ARIMA fue estable en tiempo, la diferencia de ese día particularmente fue del -3,0 %.

6. Conclusiones

Se realizó una caracterización del sector comercial en Colombia y que participa en el mercado bursátil, encontrando que tan solo una empresa de las 68 que cotizan en el mercado accionario, participa en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) y corresponde a Almacenes Éxito S.A, la cual es de gran importancia en la economía nacional y aporta al sector comercial puesto que es una de las 1.000 empresas mas grandes del país.

La metodología de Box-Jenkins para el manejo de la series de tiempo, caso de estudio, resultó ser una herramienta útil para optimizar la toma de decisiones en un momento preciso, ya que con respecto a la hipótesis planteada al ejecutar el modelo de predicción, se determina que la optimización de toma decisión del inversionista se dio al evidenciar un panorama más claro ante la incertidumbre que se presentó en ese momento de tiempo, haciéndole ver que la oferta realizada es la mejor del mercado en ese lapso de 20 días, por lo que, la mejor opción en el corto plazo se presenta al aceptar la OPA.

Entonces una de las conclusiones mas relevantes para este trabajo de grado fue que con la adecuada aplicación del modelo ARIMA, se lograron buenos pronósticos y por ende un buen modelo, sin embargo también se evidenció que las series de precio de las acciones, para este caso de estudio Almacenes Éxito S.A, son volátiles y son cambiantes en el tiempo, lo que puede generar que se presenten modelos no óptimos y por lo tanto predicciones con bastante sesgo, es por esto que es importante establecer ventanas de tiempo en donde se puedan evidenciar comportamientos mas constantes y exactos.

Tanto en el análisis inicial de los datos como en los resultados, se dio gran importancia al uso de gráficos y el cumplimiento del test Dickey Fuller (que busca determinar la existencia o no existencia de raíces unitarias en la serie) y el test de Ljung-Box (que prueba aleatoriedad en general basado en el numero de retardos), adicionalmente para el tratamiento de la base de datos se aplicó el promedio móvil, con el fin de suavizar la serie de tiempo para hacerla mas estable, y por lo tanto mas predecible.

A pesar de que la aplicación del modelo ARIMA, inicialmente requiere un alto grado de profundización para su adecuada aplicación, se ha agilizado bastante gracias al uso de herramientas estadísticas que hacen múltiples iteraciones hasta llegar al mejor modelo, lo que sirve para que estas técnicas mas refinadas que las usadas normalmente, se difundan aún mas, hecho que se pudo comprobar en la verificación del estado del arte, ya que hay bastantes investigaciones respecto a este tema y se ha aplicado a diversas series de tiempo.

Por ultimo, debe tenerse en cuenta que tal como se evidenció, los resultados de los pronósticos son mucho más eficientes en el corto plazo, hecho que en la Bolsa de Valores podría significar una maximización de la inversión, pues en el mercado accionario es posible ganar la misma cantidad de dinero empleando estrategias de inversión de corto, mediano y largo plazo, depende de la ejecución del inversionista.

Adicionalmente, es necesario resaltar que a pesar de los buenos resultados que se han obtenido en este trabajo, estos modelos son una herramienta más con la que cuentan los inversionistas para lograr disminuir su riesgo, pero es una herramienta que esta soportada estadísticamente lo cual permite optimizar la toma de decisiones al tener un panorama mas claro hacia el futuro, por lo que estos modelos pueden llegar a ser un punto de partida para el análisis de inversión bursátil, contrastándose con otras metodologías como el análisis técnico y fundamental, o diversas variaciones con las que cuentan los modelos ARIMA.

7. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados de la optimización en la toma de decisiones mediante el modelo ARIMA, para el objetivo particular de como actuar mediante una OPA, se evidenció un buen modelo comparando las predicciones con los datos reales, sin embargo al aplicar la metodología se evidenciaron recomendaciones para que la aplicación de este modelo sea la mejor como realizar un adecuado tratamiento y análisis a la serie de tiempo, antes de aplicar la metodología de Box & Jenkins para llegar a un pronostico más estable y adecuado frente a los datos reales, debido a que se presentan fluctuaciones atípicas, es decir que las mismas ocurren por alguna razón diferente a las variaciones normales del mercado.

Es muy importante resaltar que este tipo de modelos funciona muy bien en variables mucho mas estables a lo largo del tiempo, por lo que se recomienda realizar una adecuada selección de acciones con las que se pretende trabajar, para tratar de lograr cierta estabilidad en el proceso de la modelación, y que las metodologías de suavizamiento de las bases de datos generen mas efecto.

También es pertinente saber que, si la serie de datos es no estacionaria, uno de los métodos para convertirla en estacionaria es aplicando diferenciaciones a la serie, en el caso que se le aplique alguna diferenciación debe ir reflejado en el modelo final ARIMA (p,d,q), teniendo en cuenta que p indica el autorregresivo, d el numero de diferenciaciones aplicada a la serie y q las medias móviles.

8. Anexo

A continuación, se presenta el código en RStudio, que fue utilizado para la modelación ARIMA de este trabajo de grado y para el cálculo de los respectivos pronósticos, en cada línea del código se evidencia una breve explicación de lo que se realizó:

<u>Código en R del Modelo ARIMA</u>

```
library (forecast)
library (ggplot2)
library (tseries)

#RUTA
setwd("/Volumes/Seagate Portable Drive/Documentos/Documentos - MacBook Air de
Alejandra/Trabajo de Grado/Proyección en R/Datos descargados de BVC/Modelación 2010
al 13 sep2019 (Dias Habiles)")

#Se carga la base de datos (Poniendo el nombre de cual desea cargar)
datos = read.csv2('Base (2016 al 13sep2019).csv', header=TRUE,
stringsAsFactors=FALSE)

#convierte la fecha en date y Precio.Cierre en numérico
datos$Fecha = as.Date(datos$Fecha, '%d/%m/%Y')
datos$Precio.Cierre=as.numeric(datos$Precio.Cierre)

#Se aplica limpieza de atipicos en la serie
datos$clean_Precio.Cierre = tsclean(count_ts)
datos$dif=datos$clean_Precio.Cierre-datos$Precio.Cierre

#Se convierte la base de datos en serie de tiempo y se grafica
count_ts = ts(datos[, c('Precio.Cierre')])
plot(datos$clean_Precio.Cierre, x=datos$Fecha, type="l", xlab="Fecha", ylab="Precio")

#Se suaviza la serie para poder identificar patrones mas claros de tendencia y de patrones,
lo que hace es alisar las irregularidades para ver una señal más clara. Se genera promedio
móvil con longitud = lapso estacional. El lapso estacional es el período de tiempo después
del cual se repite una estacionalidad, para este caso se genera semanal y mensual

datos$Precio.Cierre_ma = ma(datos$clean_Precio.Cierre, order=7)
datos$Precio.Cierre_ma30 = ma(datos$clean_Precio.Cierre, order=30)

#Se grafica la serie limpia, el promedio movil semanal y mensual
ggplot() +
  geom_line(data = datos, aes(x = Fecha, y = clean_Precio.Cierre, colour = "Precio
Cierre")) +
```

```
  geom_line(data = datos, aes(x = Fecha, y = datos$Precio.Cierre_ma,   colour = "Weekly
Moving Average"))  +
  geom_line(data = datos, aes(x = Fecha, y = datos$Precio.Cierre_ma30, colour = "Monthly
Moving Average"))  +
  ylab('Precio.Cierre')
#Se determina que se usara Weekly Moving Average (Promedio móvil semanal) ya que
describe mejor la serie original

#Se halla el componente estacional de la serie mediante suavizado y ajusta la serie
original restando la estacionalidad.
count_ma = ts(na.omit(datos$Precio.Cierre_ma),start = c(2014,1), frequency = 240)

#Se grafica la serie de tiempo
plot(count_ma)

decomp = stl(count_ma, s.window='periodic')
deseasonal_count_ma <- seasadj(decomp)
plot(decomp)

# Test de Dickey Fuller
adf.test(count_ma, alternative = "stationary")

#Las ACF proporcionan información sobre cómo una observación influye en las
siguientes.
Acf(count_ma)

#Las PACF proporcionan la relación directa existente entre observaciones separadas por
k retardos.
Pacf(count_ma, main='')

#Se aplica la primera diferencia para conseguir estacionariedad
ndiffs(count_ma)
count_d1 = diff(deseasonal_count_ma, differences = 1)
plot(count_d1)

#Para comprobar que la serie es, efectivamente, estacionaria, hacemos de nuevo la prueba
aumentada de Dickey-Fuller.
adf.test(count_d1, alternative = "stationary")

#A continuación, los picos en rezagos de la serie diferenciada pueden ayudar a informar la
elección de p o q para nuestro modelo:
Acf(count_d1, main='ACF for Differenced Series')
Pacf(count_d1, main='PACF for Differenced Series')

#Ajustamos el modelo, como la estamos haciendo sobre la serie no estacional ponemos que
seasonal=FALSE
```

```
modeloarima<-auto.arima(deseasonal_count_ma, seasonal=FALSE)
modeloarima
summary(modeloarima)

#ERRORES
tsdisplay(residuals(modeloarima), lag.max=10, main='(p,i,q) Model Residuals')

#Prueba le ljung Box
tsdiag(modeloarima)

Box.test(residuals(modeloarima), type="Ljung-Box")

#Pronóstico h periodos por delante para que se realicen las predicciones, y usar el modelo
ajustado para generar dichas predicciones:
prediccion <- forecast(modeloarima, h=23)
plot(prediccion)
predicción
```

Referencias

Superintendencia de Sociedades. (2020). *Comportamiento de las 1.000 Empresas más Grandes del Sector Real, Por Ingresos Operacionales.* Cundinamarca, Bogotá.

Moreno, A. (14 de Abril de 2020). El mercado bursátil perdió unos 35.595 accionistas en 2019 y quedaron 510.547 en total. *La República*.

Moreno, A., & Humberto L, J. (23 de Noviembre de 2019). Unos 65.600 accionistas salen de la Bolsa de Valores de Colombia cada año. (H. M. Blanco, Entrevistador)

Grupo Éxito. (2019). *Informe Integrado 2019.* Bogotá.

Ceballos, S. G., & Pire, R. (2015). Estimación del precio internacional del arroz (Oryza sativa L.) bajo el modelo ARIMA. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2083-2089.

Ashi, H. (2018). *Cómo Desarrollar una Estrategia de Trading Rentable: Por qué Deberías Hacer lo Contrario de lo que la Mayoría de Traders Intentan Hacer.* Spleid Island.

Morales, S., & Pantanetti, M. (2019). *Análisis Fundamental: Estrategias para invertir en el mercado argentino.* Penguin Random House Grupo Editorial.

Murphy, J. J. (2003). *Análisis Técnico de los Mercados Financieros.* Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A.

González, M. P. (2009). *Análisis de series temporales: Modelos ARIMA.* Lejona: Sarriko.

Pérez R, F. O. (2007). *Introducción a las series de tiempo: Métodos paramétricos.* Medellín: Sello Editorial Universidad de Medellin.

Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2010). *Pronósticos en los negocios.* Ciudad de México: Pearson Educación.

Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (1994). *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (Vol. 5). Nueva Jersey: John Wiley & Sons. Inc.

Bosoni, G., & Ruiz, F. (2019). *RStudio para Estadística Descriptiva en Ciencias Sociales.* Manual de apoyo docente para la asignatura Estadística Descriptiva, Universidad de Chile.

Grupo Éxito. (2020). *Estatutos Sociales Almacenes Éxito S.A.* Bogota.

Grupo Éxito. (2019). *Informe de Gobierno Corporativo 2019.* Bogotá.

Brigard & Urrutia Abogados. (2014). *Guía del mercado de valores.* Guia de aspectos fundamentales relacionados con el mercado de valores, Bolsa de Valores de Colombia (BVC), Bogotá.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de Investigacion* (Vol. 6). Mexico: Mc Graw Hill.

Universidad de Alcalá. (12 de Diciembre de 2019). *Fuentes de información*. Obtenido de Biblioteca Universidad de Alcalá: http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/tipos_de_fuentes_de_informacin.html

Lawrence J., G. (2009). *Fundamentos de inversiones* (Décima ed.). México, México: Pearson Educación. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019, de https://www.uv.mx/personal/clelanda/files/2016/03/Gitman-y-Joehnk-2009-Fundamentos-de-inversiones.pdf

Aznar, A. (1993). *Métodos de predicción en economía (II) análisis de series temporales.* España: Ariel economía.

Alonso, J. H., & Rodríguez, J. Z. (2013). *Modelos econométricos para el análisis económico.* Ciudad de México: ESIC Editorial.

Ayala, R. F., & Bucio, C. (2020). Modelo ARIMA aplicado al tipo de cambio peso-dólar en el periodo 2016-2017 mediante ventanas temporales deslizantes. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época*, 331-354.

Muñoz, A., Urquijo, J., Castro, A., & Lombana, J. (2017). Pronóstico del precio de la energía de Colombia utilizando modelos ARIMA con GARCH. *Revista de Economía del Rosario*, 127-159.

Domínguez, R. M., & Zambrano, A. (2011). Pronóstico con Modelos ARIMA para los casos del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y la Acción de América Móvil (AM). *Memoria del XXI Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría*, 303-317.

Maciado, J. R. (2013). *Desempeño de la técnica de redes neuronales artificiales, frente a los modelos de series de tiempo ARIMA-GARCH en la predicción de los precios de la acción de Bancolombia.* Trabajo de Grado, Universidad Piloto de Colombia (Sede Bogotá), Bogotá.

Veiga, T. (2018). *Proyecciones del PIB de Galicia a partir de modelos estadísticos.* Trabajo Fin de Máster, Universidad de Vigo, La Coruña.

Ardila, J. A., & Ávila, E. (2017). *Construcción de una Metodología Empleando la Herramienta R para Estimar Valores de los Activos Bancolombia, Bogotá y Occidente con Modelos Arima.* Trabajo de Grado para Especialización, Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá.

García, C. M. (2014). *Predicción del Comportamiento de la Rentabilidad de la Acción de Isagen, a partir de la Técnica de Redes Neuronales Artificiales.* Trabajo de Grado Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Molina C, F. S. (2020). *Análisis econométrico del IPC nacional mediante series temporales.* Trabajo de Grado, Universidad de Jaén – Estadística e Investigación Operativa, Jaén.

Calvo, C., & Blanco, R. (2019). *Predicción de valores en mercados financieros.* Trabajo de Grado, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Universidad de Alcalá. (12 de Diciembre de 2019). *Fuentes de Información*. Obtenido de Biblioteca Universidad de Alcalá: http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/tipos_de_fuentes_de_informacin.html

Real Academia Española. (2 de 1 de 2021). *Real Academia Española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: https://dle.rae.es/optimizar

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2019). *Boletín Técnico - Producto Interno Bruto (PIB) - IV Trimestre 2019.* Bogotá: DANE.

Milani, E. (2019). *Análisis Fundamental Técnicas de Trading para Bolsa y Forex.* Independently Published.

Castany, M. (2019). *Guia de iniciación al Trading Cuantitativo.* Barcelona: Libros de Cabecera S.L.

Banco de la República de Colombia [BANREP]. (29 de Enero de 2021). *Mercado accionario*. Obtenido de Banco de la República: https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/mercado-accionario

Bolsa de Valores de Colombia [BVC]. (10 de Abril de 2020). *Mercados - Descripción General - Acciones*. Obtenido de Bolsa de Valores de Colombia: http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/descripciongeneral/acciones.

Bolsa de Valores de Colombia [BVC]. (2019). *Aviso de Oferta Pública de Adquisición ("OPA") de Acciones Ordinarias de Almacenes Éxito S.A Formulada por Sendas Distribuidora S.A.* Aviso de Oferta Pública - Acciones, Bolsa de Valores de Colombia.

Bolsa de Valores de Colombia [BVC]. (6 de Junio de 2020). *Bolsa de Valores de Colombia* . Obtenido de Sitio Web de la Bolsa de Valores de Colombia: https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/enlinea/acciones

Bolsa de Valores de Colombia [BVC]. (1 de Noviembre de 2020). *Bolsa de Valores de Colombia*. Obtenido de Capitalización Bursátil: https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Ranking+por+Capitalización+Bursátil#

Comisión de Inverstigación de la Crisis Financiera [FCIC]. (2011). *Informe de la Comisión de Investigación de la Crisis Financiera (FCIC).*

Superintendencia Financiera de Colombia [SFC]. (2007). *CAPITULO XXI, REGLAS RELATIVAS AL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MERCADO.* Bogotá.

Congreso de Colombia. (2005). *Ley 964 de 2005.* Normatividad, Bogotá.

Congreso de Colombia. (2009). *Ley 1314 de 2009.* Normatividad, Bogotá.

Congreso de Colombia. (2008). *Ley Estatutaria 1266 de 2008.* Normatividad, Boogotá.

Congreso de Colombia. (1990). *Ley 27 de 1990.* Normatividad, Bogotá.

Presidente de la República. (2010). *Decreto 2555 de 2010.* Normatividad, Superintendencia Financiera de Colombia (SFC), Bogotá.

Presidente de la República de Colombia. (2014). *Decreto 2510 de 2014.* Normatividad, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Bogotá.

Superintendencia Financiera de Colombia [SFC]. (2014). *Circular Básica Jurídica (C.E. 029/14).* Normatividad, Superintendencia Financiera de Colombia, Bogotá.

Bolsa de Valores de Colombia [BVC]. (2016). *Guia paara inversionistas extranjeros y perfil del mercado colombiano.* Bolsa de Valores de Colombia , Bogotá.

Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1712 de 2014.* Normatividad, Bogotá.

Grupo Éxito. (14 de Noviembre de 2020). *Historia*. Obtenido de Historia: https://www.grupoexito.com.co/es/historia

Fuente, S. D. (s.f.). *Series Temporales: Modelo Arima.* Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Economía Aplicada, Madrid.

Bibliografía

Mauricio, J. A. (2007). Introducción al analisis de series Temporales. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de https://www.ucm.es/data/cont/docs/518- 2013-11-11-JAM-IAST-Libro.pdf

SPECTOR, P. 2008. Data Manipulation with R. Springer, New York.

Huertas, A. (2015). *Modelos predictivos para el mercado FOREX*. Trabajo de Grado, Universidad de Murcia, Región de Murcia.

Arrieta Bechara, J. E., Torres Cruz, J. C., & Velásquez Ceballos, H. (Julio-Diciembre de 2009). Predicciones de modelos económetricos y redes neuronales: El caso de la acción de Suraminv. Semestre Económico, 12(25), 95-109.

Makridakis Spyros, C. Weelwrigth Steven. (1998). Métodos de Pronósticos. Mexico. Limusa

Trejos Carpintero, A., Nieto Salazar, S., & Carvajal Olaya, P. (2003). Modelo de predicción de la acción ordinaria CEMENTOS ARGOS. Scientia et Technica Año IX.