

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Análisis de las Metodologías para la Medición de Riesgos Financieros en Colombia de
Renta Variable -Caso Ecopetrol**

Yanir Andreina Aguillón Ortega

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Industrial

Director:

Juan Carlos Cadena Sarmiento

Ing. Industrial

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Industrial

2020

Este trabajo está dedicado a toda mi familia por su apoyo en esta etapa y comprensión, a Dios por ayudarme en cada momento y darme sabiduría para terminar mis estudios.

Agradecimiento

En esta sección de mi trabajo de grado quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y lograr culminarla satisfactoriamente, a mis padres por su ánimo y apoyo incondicional, a mis profesores por su tiempo y sugerencias que hicieron de esta investigación un excelente aporte intelectual y de consulta para los demás. Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron en la realización de este trabajo de grado.

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2. Marco Referencial	16
2.1 Marco Teórico	16
2.2 Marco Conceptual	22
3. Método	33
3.1 Diseño Metodológico	33
3.1.1. Tipo de investigación.	33
3.1.2. Metodología a desarrollar.	33
3.2. Fases de la investigación.....	34
4. Presupuesto	35
4.1. Presupuesto Detallado.....	35
4.2. Presupuesto Global.	37
5. Cronograma.....	38
6. Resultados	39
6.1. Describir las metodologías más usadas para la medición de riesgos financieros en renta variable.....	39

6.1.1. Valor en el riesgo.....	39
6.1.2. Var paramétrico.....	41
6.1.3. Simulación histórica.....	41
6.1.4. Simulación montecarlo.....	42
6.2. Comparar las diferentes metodologías con el fin de seleccionar la que genera mayor confianza al momento de negociar con renta variable.....	43
6.2.1. Var paramétrico.....	43
6.2.2. Simulación histórica.....	44
6.2.3. Metodología montecarlo.....	45
6.2.4. Conclusiones comparativas.....	46
6.3 Determinar el comportamiento de la metodología para la medición de riesgos financieros en renta variable a través de una simulación de un escenario.....	46
6.3.1 Aplicación de simulación histórica.....	47
6.3.2 Aplicación metodología montecarlo.....	49
6.3.3 Comparación de metodologías.....	55
7. Conclusiones.....	59
Bibliografía.....	62
Apéndices.....	70

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Etapas del proyecto de investigación.....	34
<i>Figura 2.</i> Tipos de medidas	39
<i>Figura 3.</i> Descripción de la frecuencia en la que se encuentran distribuidos los datos	51
<i>Figura 4.</i> Cálculo de la rentabilidad diaria simulada.....	52
<i>Figura 5.</i> Cálculo del monto simulado de inversión.....	53
<i>Figura 6.</i> Cálculo de pérdidas y ganancias simulado.	54
<i>Figura 7.</i> Cálculo del Var en Montecarlo.	54
<i>Figura 8.</i> Cálculo del var.....	57
<i>Figura 9.</i> Calculo número de excesos.....	57

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Recurso humano</i>	35
Tabla 2. <i>Equipos</i>	36
Tabla 3. <i>Material Consumible</i>	36
Tabla 4. <i>Comunicaciones</i>	36
Tabla 5. <i>Publicaciones y material bibliográfico</i>	37
Tabla 6. <i>Presupuesto global</i>	37
Tabla 7. <i>Cronograma de actividades</i>	38
Tabla 8. <i>Calculo del Var en simulación histórica</i>	49
Tabla 9. <i>Frecuencia acumulada, absoluta y clase para la rentabilidad de cada una de las acciones</i>	50
Tabla 10. <i>Resultado del Var en Montecarlo</i>	55
Tabla 11. <i>Tabla de Kupiec</i>	56
Tabla 12. <i>Resultados de la prueba Backtesting bajo el criterio de Kupiec</i>	58
Tabla 13. <i>Resultados bajo el criterio de Kupiec</i>	58

Lista de Apéndices

Apéndice A. Simulación de la Metodología Histórica 70

Apéndice B. Simulación Metodología Monte Carlo..... 70

Apéndice C. Comparación de Metodologías 70

Glosario

Acciones: Es un título emitido por una entidad, como parte de su capital social, con objeto de captar recursos, sin asumir la obligación, en principio, de su retribución y/o reembolso. [1]

Inversión: Es un término que los economistas tienen para la adquisición de nuevos bienes de capital, desde máquinas hasta plantas y edificios de oficinas. Cuando queremos referirnos a la compra de acciones o de otros activos financieros, debemos utilizar la expresión inversión financiera. [2]

Metodologías: Son aquellas que hacen referencia a diferentes procedimientos u técnicas basados en un orden lógico, utilizados para alcanzar el objetivo que rige una investigación, con el fin de obtener los resultados o perspectiva de lo que se busca. [3]

Mercado: Es el conjunto de compradores reales y potenciales de un producto. Tales compradores comparten una necesidad o un deseo en particular, el cual puede satisfacerse mediante relaciones de intercambio. [4]

Renta variable: Son títulos-valores que representan un tipo de inversión, en donde el capital invertido y rentabilidad no son conocidas y no generan una retribución fija, sino que varía de acuerdo al comportamiento y rentabilidad del valor, ya que varía por distintos factores de la economía. [5]

Riesgo financiero: Hace referencia a la incertidumbre asociada al rendimiento de la inversión debida a la posibilidad de que la empresa no pueda hacer frente a sus obligaciones financieras principalmente, al pago de los intereses y la amortización de las deudas. [6]

Simulación: Es la representación de la realidad mediante el empleo de un modelo u otro mecanismo que reaccionara del mismo modo que la realidad bajo una serie de condiciones dadas. [7]

Resumen

En el mercado financiero existen diferentes tipos de riesgos a la hora de invertir, por lo que esta investigación permitió analizar las diferentes metodologías que más se utilizan para la medición de riesgos financieros de renta variable. Con el fin de determinar cuál es la más adecuada para la toma de decisiones y poder minimizar los riesgos al que está expuesto, se realizó una simulación en Excel utilizando las acciones de los últimos 4 años de Ecopetrol, aplicando una prueba de Backtesting bajo el criterio de Kupiec a las metodologías escogidas, el cual la que mejor mostró una expectativa de los resultados para un escenario cercano al futuro fue la Simulación histórica permitiendo identificar con mayor eficiencia la medida de riesgo.

Abstract

In the financial market there are different types of risks when investing, so this research will analyze the different methodologies that will be used most for the measurement of financial risks of equities. In order to determine which, one is the most appropriate for decision making and to minimize the risks to which it is exposed, A simulation was performed in Excel using the actions of the last 4 years of Ecopetrol applying a Backtesting test under the Kupiec criterion to the chosen methodologies. Which best showed an expectation of the results for a near-future scenario was the Historical Simulation which allows to identify with greater efficiency the measure of risk.

Introducción

Las personas y empresas se encuentran en un mundo de incertidumbre y en un entorno de desconocimiento del futuro, lugar donde realizan variedad de inversiones financieras con las que esperan obtener altas rentabilidades con el menor riesgo posible. El análisis del riesgo permite observar y evaluar aquellas situaciones, tanto internas como externas, que pueden afectar o impedir el cumplimiento de los objetivos del inversionista o negociador, teniendo en cuenta que la rentabilidad que obtenga el inversor en renta variable influirá tanto en la evolución del negocio de la empresa en la que ha invertido, como la situación de los mercados financieros o el entorno macroeconómico e incluso político del país donde invirtió y al no estar garantizada una rentabilidad, las inversiones en renta variable se consideran un activo de mayor riesgo que la inversión en renta fija o productos de ahorro como los depósitos. Así mismo, al asumir mayor riesgo, el inversor puede conseguir en renta variable mayor rentabilidad que en otras opciones de inversión, aunque dicha posibilidad no está asegurada; por esta razón es necesario implementar las acciones necesarias de protección y aseguramiento contra los diferentes efectos ocasionados por la ocurrencia de los mismos, teniendo en cuenta que todos estos resultados afectan el crecimiento de la economía en Colombia y el mundo. De acuerdo al fondo monetario destaco que el crecimiento del producto interno bruto del país es del 3,3% el cual es un resultado que viene acompañado de aquellas empresas de diferentes sectores que la conforman y tienen más participación en la economía, alguna de las empresas que representan mayor capitalización bursátil en Colombia es Ecopetrol seguido Bancolombia y el grupo Aval; el mercado de capitales ayuda a generar no solo un crecimiento económico, ya que su participación influye en la generación de empleo mejorando la distribución del ingreso. Ecopetrol es una de las principales empresas en Colombia más grandes del país y está ubicada entre las 40 petroleras más grandes del mundo,

debido a su participación en las ventas externas, inversión, finanzas públicas y en el mercado cambiario, esta empresa petrolera aporta a la economía colombiana más del 7% del PIB contribuyendo un mayor movimiento en el desarrollo económico y social. En definitiva, las inversiones en renta variable aportan al funcionamiento de la economía y es a través de este sistema que se canaliza el ahorro de las familias hacia la inversión

Por lo tanto, es importante que se investigue y se den a conocer en este trabajo ¿Cuáles son las metodologías para la medición de riesgos financieros en Colombia de renta variable con más fiabilidad en la toma de decisiones? ya en la actualidad existe la facilidad de hacer inversiones en el mercado de capitales y cada día es más usual encontrar a personas naturales o jurídicas sin preparación financiera, invirtiendo su capital bajo expectativas de rentabilidad irreales o niveles de exposición al riesgo elevados, obteniendo en ocasiones pérdidas mayores a las deseadas. Por lo anterior y dado que cada día se es más consciente que las inversiones no tienen retornos certeros, el concepto de riesgo se ha vuelto más importante, llevando a que se exija una retribución mayor ante niveles más altos de riesgo, además de seleccionar alguna metodología que permita medir la exposición al riesgo de la mejor forma posible, se hace necesario conocer las metodologías más utilizadas para negociar con renta variable y poder administrar el riesgo financiero que conlleva dichas transacciones, tratando de minimizarlo al máximo, para lograr mayores rentabilidades y que los inversionistas tengan mayor seguridad en las decisiones que toman al momento de invertir en este mercado.

Para el desarrollo de esta investigación se analizaron diferentes documentos de investigación que nos permitió llevar a cabo la solución del problema; para ello se utilizó como referencia los precios de cierre diarios de las acciones de Ecopetrol de los últimos 5 años teniendo en cuenta la participación en la bolsa de valores y la contribución en el crecimiento económico, lo cual se

realizó una simulación en Excel aplicando una prueba de Backtesting bajo el criterio de Kupiec se eligió la metodología que genera una medición del riesgo más cercana al futuro en renta variable, permitiendo facilitar la toma de decisiones a la hora de invertir.

1. Objetivos

Con la ejecución de un análisis de las metodologías que permitan medir los riesgos financieros en Colombia respecto a la renta variable que ayuden a soportar la toma de decisiones, esto lleva a unos objetivos específicos como es la descripción de las metodologías que son más usadas, para la medición de los riesgos financieros, también es necesario analizar y comparar las metodologías entre ellas para llevar a cabo la selección de la más apropiada y que genere mayor confianza para las negociaciones en renta variable, por último a través de un escenario se conocerá el comportamiento del modelo respecto a la medición de los riesgos financieros en las rentas variables, permitiendo conocer los diferentes escenarios que se pueden presentar en un tiempo determinado.

1.1 Objetivo General

Analizar las metodologías para la medición de riesgos financieros en Colombia de renta variable para soportar la toma de decisiones.

1.2 Objetivos Específicos

- Describir las metodologías más usadas para la medición de riesgos financieros en renta variable.
 - Comparar las diferentes metodologías con el fin de seleccionar la que genera mayor confianza al momento de negociar con renta variable.
 - Determinar el comportamiento de la metodología para la medición de riesgos financieros en renta variable a través de una simulación de un escenario.

2. Marco Referencial

Teniendo en cuenta que es importante conocer el contexto donde se enmarca la investigación, presentar las principales teorías que la sustentan, mostrar los conceptos que direccionan los temas a tratar en el estudio, se presenta a continuación la información correspondiente.

2.1 Marco Teórico

El Comité de Basilea de Supervisión Bancaria instaurado en el año 1995 anunció que los requerimientos de capital para bancos comerciales se basarán en Value-at-Risk (VaR). [8] El concepto de Value at Risk (VaR) o valoración del riesgo, nace de la necesidad de cuantificar con un establecido nivel de significancia o incertidumbre la suma o porcentaje de pérdida que un portafolio tendrá en un período definido de tiempo. [9] Es decir, el VaR es la máxima pérdida esperada sobre el total de inversiones, en un periodo de tiempo (generalmente un año), bajo las condiciones de normalidad del mercado, con un nivel de confianza dado. [10]

En este sentido, Carvajal & Escobar afirman que: La administración del riesgo empresarial es el proceso por el cual la dirección de una empresa u organización administra el amplio espectro de los riesgos a los cuales está expuesta (tanto de mercado como operacionales de acuerdo con el nivel de riesgo al cual está dispuesta a exponerse según sus objetivos estratégicos. [11]

Además, analizando a Mun, él plantea 8 fases de la gestión de riesgos, para ejecutar un análisis de sensibilidad más detallado, los cuales son: “Proceso de Gestión Cualitativa, Modelación de Pronósticos y Predicciones, Modelo Estático Caso Base, Simulación de Monte Carlo, Estructuración del problema con Opciones Reales, Valoración y Modelación de Opciones Reales, Optimización de Recursos y Portafolio, presentación de Informes y Actualización de Análisis”. [11]

Teniendo claro el concepto de riesgo empresarial utilizado en este artículo, se dilucida que para el análisis aquí descrito se desarrolló la fase correspondiente al Proceso de Gestión Cualitativa, que como ya se citó, es el primer paso de una Gestión Integral del Riesgo. Es en este paso donde los diferentes riesgos empresariales son identificados y resaltados. Esto debido a que se determinó utilizar una metodología con un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo. [11]

En cuanto a la clasificación del riesgo observada en esta investigación, es importante destacar que los negocios se ven enfrentados a muchos eventos provenientes de diferentes fuentes, endógenas y exógenas, las cuales podrían afectar los procesos y en consecuencia la respectiva toma de decisiones. Estas fuentes, son la esencia de los diferentes tipos de riesgo los cuales pueden variar de una empresa a otra, por tal razón, Carvajal y Escobar, sugieren que: “es importante que, en el momento que se realiza la identificación de eventos, la empresa realice una agrupación según las características de estos eventos para poder clasificarlos, de tal modo que sea más fácil la identificación de las oportunidades y riesgos y así poder tomar medidas oportunas” . [11]

Para calcular el VaR existen varias metodologías, todas con sus ventajas y desventajas. Las más conocidas para calcular el riesgo de portafolios de inversión son: el Modelo de Var Paramétrico, Modelo de Simulación Histórica y el Modelo Simulación de Montecarlo. [12] Cada uno de estos métodos produce una estimada exposición de VaR y pueden ser estructurados de acuerdo a las especificaciones o restricciones establecidas por la Enmienda del Acuerdo de Capital del BIS. [13]

2.1.1. Var Paramétrico El VaR paramétrico deduce una distribución del histórico de datos que por lo usual es normal, a diferencia de otros modelos que toman su distribución real. Por lo tanto, el VaR paramétrico se calcula con base en parámetros (valor esperado, varianza y desviación estándar) de la distribución de pérdidas y ganancias supuestamente normal. Este procedimiento tiene el beneficio de ser fácil de calcular ya que no afecta frecuentemente con cambios inesperados

en las fluctuaciones del mercado. Una de sus desventajas es que toma una distribución normal del PyG (pérdidas y ganancias) que no hace referencia a la realidad. [12]

En este método, se utiliza una base de datos histórica con el fin de formar una matriz de correlaciones para un determinado periodo de tendencia. En la aplicación de la metodología de Varianzas y Covarianzas, es necesario establecer previamente el tipo de comportamiento que siguen los factores de riesgo de cada posición, definiendo la expresión de la función de probabilidad. Por lo general se considera que el comportamiento del precio de los activos financieros sigue una distribución log normal y que los retornos continuos del activo siguen una distribución aproximadamente normal, lo cual se puede constituir una limitación, sin embargo, facilita el tratamiento de carteras compuesta por activos “normales”. Una vez aproximada la función de distribución del activo subyacente es factible calcular los puntos correspondientes a los distintos intervalos de confianza. Lo cual, dada una distribución normal de media μ y desviación estándar σ se obtendrá un intervalo de confianza determinado (número de veces de σ). [13]

Debido a la hipótesis de linealidad de este método no conviene ser aplicado a las carteras no lineales, debido a que no logra una exactitud en el cálculo del Var, teniendo en cuenta que maneja una distribución normal en los rendimientos de las carteras. [14] En diferentes estudios estadísticos de los precios en los mercados financieros, no han probado que los rendimientos siguen una distribución normal, lo cual el cálculo del var se encuentra sesgado y los diferentes analistas e inversores están incurriendo en riesgo de cola si se presentan diferentes crisis financieras o cambios económicos ;por lo cual para disminuir el riesgo Jorion (2006) plantea que en lugar de tomar los rendimientos son normal, se puede utilizar una función diferente como la probabilidad de t-student con seis grados de libertad, lo cual lograría tener colas más pesadas y se obtendría más información

en los valores extremos, sin embargo Ming Chen (2016) indica que los grados de libertad se deben determinar de acuerdo al nivel de curtosis que se obtenga. [15]

2.1.2. Modelo de simulación histórica La simulación histórica es una metodología no paramétrica lo cual no toma una distribución específica en los datos, se calcula con base en la volatilidad real resultante de la apreciación histórica del portafolio, conservando sus condiciones actuales. La ventaja de este método es que no logra normalidad del mercado, lo cual tiene en cuenta sus cambios reales en la muestra histórica del año, pero es más débil a los cambios de tendencias en el mercado, lo que quiere decir que si venía una tendencia a la baja que cambia al alza o viceversa, este modelo tarda un tiempo en reflejar este cambio. [16]

En esta técnica se tomarán escenarios futuros, cada uno de los escenarios de variación de los factores de riesgo que tuvieron lugar en el periodo de estudio considerado. De esta manera, no es necesario asumir ninguna hipótesis sobre el modelo de comportamiento de los subyacentes debido a que se toman como escenarios los cambios que realmente sucedieron en un tiempo determinado para todos los factores de riesgo. De tal manera que se toman las series históricas de precios y de cambios en los factores de mercado (como mínimo un año de data diaria) para así usarlos en el portafolio o cartera actual, esto dará también una serie de cambios teóricos o números VaR teóricos. Luego, estos VaR serán ordenados por sus magnitudes de pérdidas esperadas tal que las pérdidas que ocurran 1%, 2% etc., de las veces pueden ser identificadas. Por ejemplo, si la pérdida más grande de 100 números VaR es US\$ 600,000 entonces al 99% de confianza estadística se obtendría un VaR menor a esa cantidad; en otras palabras, esa institución tendría esa pérdida (o mayor) el 1% por ciento de las veces. [17]

Esta metodología utiliza la distribución que se encuentra en el momento del mercado o en que se obtienen los datos, este modelo utiliza unos valores supuestos para los factores de riesgo, el

cual se obtienen aplicando los cambios históricos en los precios actuales, debido a que esta metodología no toma ningún tipo de distribución de los factores de riesgo es llamada no paramétrica, [15] sin embargo existen diferentes limitantes en este método ya que la información que se va utilizar debe ser de calidad y confiable con respecto a los cambios y sensibilidades que se presenten en el mercado, ya que se determina que las recientes volatilidades en los precios son más importantes a la hora de calcular el Var que las antiguas. [17] Por lo tanto, este modelo no está limitado a carteras que presentan una estructura lineal, lo cual puede utilizarse en diferentes carteras u otros activos con estructuras no lineales. [18]

2.1.3. Modelo simulación de montecarlo La simulación en ingeniería económica es utilizada para modelamiento de un sistema real para observar y aprender del comportamiento de la réplica. Deriva estimaciones estadísticas de medidas de desempeño para el sistema bajo estudio mediante la experimentación repetida. La simulación en computadora es una manera efectiva de manejar las complejas relaciones económicas sin el costo de las experiencias directas de prueba y error. Casi siempre es más sencillo, cuesta menos y quizás sea más revelador de intereses en particular. Algunos problemas no se ajustan de manera conveniente a métodos de solución y modelos establecidos, como algunos problemas con muchas variables y relaciones de dependencia complejas. [19] Entre las técnicas de simulación más utilizadas se encuentre la Simulación Montecarlo, técnica en la cual se generan números aleatorios para seleccionar eventos a partir de una distribución de probabilidad de las ocurrencias (Riggs, 2002). [19]

En cuanto a la simulación de Monte Carlo esta cubre un amplio rango de valores posibles en distintas variables aleatorias teniendo en cuenta las correlaciones existentes entre ellas. En resumen, el método consiste en dos etapas: En primer lugar, se especifica una distribución de probabilidad para los factores de riesgo asociados a la función de valor así como para los

parámetros del proceso, para esto se pueden utilizar pruebas de ajuste como el Kolmogorov Smirnov, el Anderson Darling, o el Chi Cuadrado; es de notar que para la realización de estas pruebas se requiere conocer el comportamiento histórico de las series asociadas a los factores de riesgo de la cuales también se pueden extraer las correlaciones existentes entre dichos factores. [19]

En segundo lugar, la trayectoria de la función de valor se simula teniendo en cuenta todas las variables de interés, cada una de estas iteraciones se utiliza entonces para recopilar una distribución de la cual se puede calcular el valor en riesgo de la función CFaR para el flujo de caja, EaR para la utilidad entre otras- con un determinado grado de confianza teniendo en cuenta los percentiles de la distribución generada. [19]

Se propone entonces, para la medición del riesgo mediante simulación, los siguientes pasos:

1. Definición de la función de resultado a la cual se le quiere medir el riesgo – variable de salida del modelo.
2. Análisis de las posiciones de resultado afectas a riesgo. 3. Monitoreo de los factores de riesgo identificados.
4. Definición de funciones de probabilidad para cada uno de los factores de riesgo, las cuales se utilizan como datos de entrada el modelo.
5. Iniciación de la simulación y construcción de la distribución de probabilidad para la función de valor.
6. Calculo del riesgo mediante el análisis de percentiles.
7. Análisis de sensibilidad, teniendo en cuenta las correlaciones entre los factores de riesgo, con el fin de definir estrategias de diversificación y de mitigación del riesgo. La mayor ventaja de utilizar este método es la posibilidad de valorar instrumentos no lineales, además que gran parte

de las pruebas y operaciones que se deben realizar ya están incluidas en los paquetes estadísticos de algunos softwares los cuales están en capacidad de resolverlas a grandes velocidades (Lara, 2004) [19]

Teniendo en cuenta lo anterior este modelo se define como paramétrico y no paramétrico, lo cual permite aplicarse en diferentes posiciones de cartera lineales y no lineales, ya que al no estar sujeto a una distribución de probabilidad subyacente, esto evade el riesgo de modelización y permite las colas gruesas, el cual elimina la necesidad de trabajar con volatilidades y correlaciones: los resultados nos muestran una descripción mas sensata del riesgo ya que en los precios se ven reflejados todas las realizaciones y posibilidades de la distribución de los cambios en los precios. [14]

2.2 Marco Conceptual

Riesgo financiero: Hace referencia a la incertidumbre de eventos futuros de una inversión, debido a los cambios producidos en los mercados financieros. [20]

Renta Variable: Es un tipo de inversión en los mercados financieros formada por diferentes activos, lo cual no se pueden establecer rendimientos fijos porque depende de las fluctuaciones en la bolsa de valores y del mercado. [21]

Análisis financiero: Es una herramienta de tipo cualitativo que se realiza de la información contable, mediante la utilización de indicadores y razones financieras con el fin de establecer la realidad económica y financiera de una entidad, permitiendo establecer mejoras para aumentar su rentabilidad bajo la toma de decisiones. [22]

Índices bursátiles: Son indicadores de la evolución de un mercado en función del comportamiento de las cotizaciones de los títulos más representativos. Está conformado por un conjunto de instrumentos financieros, lo cual busca representar las características y los

movimientos de valor de los activos que lo componen. Algunos índices bursátiles que existen en Colombia son: IGBC (liquidez), COLCAP (capitalización bursátil), se utilizan para identificar la percepción de los diferentes agentes del mercado frente al comportamiento de las empresas y de la economía en el mercado de valores. [23]

Instrumentos de renta variable: Son aquellos títulos de participación cuya rentabilidad no está definida y dependerá de una serie de variables en el tiempo, sin embargo, se evidencia que los rendimientos son mejores a largo plazo en acciones lo cual es el principal producto en renta variable seguido de los fondos de inversión y bonos convertibles. [23]

Bolsa de valores: Es una entidad que administra los sistemas de negociación en el que intercambian diferentes títulos de empresas, los cuales pueden ser comprados por agentes particulares o institucionales, impulsado el desarrollo económico y financiero en los países. [24]

Acciones: Las acciones hacen parte del capital de una empresa, cuando se adquieren estos títulos les permite a las personas ser propietarios y tener una participación dentro de la organización lo cual le concede diferentes derechos económicos. Estos beneficios se pueden considerar a corto, largo y mediano plazo, le permite venderlas o negociarlas en el mercado de la bolsa de valores en cualquier momento teniendo en cuenta la liquidez en el mercado. [25]

Rentabilidad: Es el tipo de beneficio, utilidad o ingreso que se obtiene a través de una inversión en un determinado tiempo. [26]

Simulación Financiera: Hace referencia a un modelo lo cual se define como una representación de la realidad a través de un proceso matemático, su propósito es ayudar en la toma de decisiones mostrando las diferentes variables y resultados que se pueden presentar antes de tomar una acción. [27]

Backtesting: Es un proceso que permite testear un método o estrategia antes de emplearla, lo cual permite al inversionista conocer si los resultados obtenidos son correctos, permite ver detenidamente cual sería el escenario futuro evaluando la eficacia de acuerdo a la estrategia empleada. [28]

Criterio de Kupiec: Es un proceso estadístico el cual permite evaluar las diferentes aproximaciones para la estimación del Var, lo cual consiente verificar cual es la proporción de periodos de la muestra observada una perdida superior a la obtenida en el modelo. [29]

Riesgo de crédito: Se define como la posibilidad de presentar perdidas debido al incumplimiento de los compromisos de pago pactado en un contrato. [30]

Riesgo de mercado: Hace referencia al riesgo de sufrir diferentes perdidas debido a las diferentes fluctuaciones y variaciones que se presentan en el mercado debido a circunstancias externas e internas de una empresa. [31]

Riesgo de liquidez: Es el riesgo que presenta un activo como la incapacidad de un banco u empresa de cumplir sus obligaciones amenazando la situación financiera. [32]

Riesgo de cola: Es la probabilidad que un activo presente más de 3 desviaciones estándar de su precio actual esto debido a diferentes eventos que se puedan presentar en el mercado y esto implicaría perdidas de las carteras. [33]

Curtois: Hace referencia a una medida estadística, lo cual establece el grado de concentración que presentan los valores de una determinada variable cerca de la zona central de la distribución de frecuencias. [34]

Fluctuaciones Económicas: Son aquellos cambios, subidas o bajadas en las diferentes tasas del crecimiento económico en momentos puntuales donde se ven afectados los indicadores macroeconómicos como referente a un periodo anterior. [35]

2.3. Estado del Arte

El mercado de renta variable en Colombia es variable ya que no se tiene preestablecido un rendimiento, debido a las condiciones que existen en el entorno económico o la situación financiera de las empresas, siendo las acciones el principal título en este mercado. Por lo tanto, es importante conocer las investigaciones que se han realizado referente a las metodologías para la medición de riesgo financiero con el fin de que nos sirvan de orientación en el desarrollo de la idea de investigación, y nos permitan estudiar y determinar cuáles son las metodologías que se utilizan a la hora de medir la rentabilidad en los mercados de renta variable.

(Montoya, 2006), en su investigación de metodologías para la medición del riesgo financiero en inversiones, menciona que el riesgo está ligado a la incertidumbre que se tiene en los eventos futuros de una inversión en un determinado tiempo, lo que es imposible eliminarlo pero sin embargo se debe minimizar y administrar de manera adecuada identificando aquellos eventos que pueden llegar afectar a la hora de tomar una decisión, por lo tanto es importante elegir estrategias para poder obtener la rentabilidad deseada, por lo que se tratan algunas metodologías que nos permite controlar el riesgo financiero. [36]

La estadística y la teoría de la probabilidad brindan herramientas y diferentes mecanismos para el análisis del riesgo financiero, inicialmente en esta investigación se analiza la medición del riesgo individual lo cual se trata de analizar solo una inversión a través de 3 situaciones de la economía, como el Boom, normal y la recesión lo cual a cada uno se debe relacionar una probabilidad y tasas de rendimiento de las acciones para así determinar el rendimiento deseado que se mide a través de la desviación estándar, por lo tanto una forma de visualizarlo es utilizando la estadística por medio de una distribución de probabilidad, lo cual se presentan dos proyectos distintos por medio de una distribución normal. Dado este planteamiento se puede determinar que

mientras más variables sean los rendimientos posibles en un proyecto más riesgo tiene este, lo cual se recurre a la desviación estándar que nos indica que tan dispersos están los datos de la media, ya que mientras más estrecha sea una distribución de probabilidad, menor será el riesgo financiero. [36]

Se procede a analizar la medición del riesgo de cartera, para ello se debe minimizar el riesgo financiero lo cual se puede invertir en diferentes tipos de acciones, el rendimiento esperado de las carteras es el promedio ponderado de los rendimientos esperados de las acciones individuales que conforman la cartera, por lo tanto es importante seleccionar un portafolio que permita disminuir el riesgo, al combinar dos acciones ayudan a mitigar el riesgo ya que si se realiza de manera individual se generaría mayor riesgo, esta combinación estaría minimizando el riesgo total pues se desplazarían en forma opuesta entre sí, el grado de relación que existen entre las dos variables se mide por medio del coeficiente de correlación. [36]

Por último, el método que más se utiliza para medir y estimar el riesgo de mercado total es el VAR, ya que busca resumir en una cifra el riesgo a que se está expuesto, ayuda a definir e identificar cuáles son los factores que afectan el valor de portafolio de una empresa, utilizando técnicas estadísticas para calcular el riesgo de pérdida que se podría sufrir en un intervalo de tiempo con un nivel de probabilidad. [36]

La investigación permitió conocer diferentes tipos de metodologías que se pueden utilizar para medir los riesgos financieros y así minimizar los riesgos a que se está expuesto debido a las fluctuaciones que se presentan en el mercado, por ello es importante identificar qué instrumentos se deben utilizar para cada tipo de escenario, para poder analizar y establecer diferentes tipos de estrategias para llegar a obtener la rentabilidad esperada. [36]

De acuerdo a (Ávila, 2005) desde 1930 la principal herramienta para el análisis del riesgo en las empresas fue el balance general, el cual por sí solo no mostraba la permanencia en el tiempo o lo que se conoce bajo el principio de continuidad o negocio en marcha; hacia 1952 se da especial atención al análisis del estado de resultados pero este no proporciona certeza acerca de la capacidad de generar efectivo, es por eso que hoy en día se otorga vital atención al flujo de efectivo y al análisis dinámicos de los estados financieros e indicadores y herramientas financieras que proporcionen información oportuna para la optimización de la relación riesgo rendimiento. En 1993 como consecuencia de los continuos desastres financieros se crea el grupo de los treinta (G-30), una asociación internacional de carácter privado cuya finalidad era la de establecer recomendaciones que proporcionaran un nivel adecuado de prudencia en las operaciones financieras. [37]

A partir de 1994 se presenta el modelo CAP (capital Asset Pricing Model) que permite establecer una prima de riesgo (beneficio) por asumir un determinado nivel de riesgo. Ese mismo año también aparece el concepto de valor en riesgo (VAR), propuesto por el J.P Morgan para la medición de riesgos de mercado, concepto que nace por solicitar diariamente un reporte del nivel e impacto del posible riesgo sobre las posiciones de ese banco. [37]

De acuerdo a la investigación realizada por (Muñoz , 2014), se construyó un portafolio de inversión de acciones y bonos de deuda pública mediante modelos de volatilidad para un perfil de riesgo determinado, en donde se describe el comportamiento de los retornos de las acciones Bancolombia, Ecopetrol, Almacenes Éxito, Nutresa y del bono TES a Junio15 de 2016 y se hace un análisis y creación de portafolios que maximicen la rentabilidad, buscando ofrecer una alternativa óptima de inversión a quienes buscan participar en el mercado bursátil. [38]

En este estudio se muestra un portafolio óptimo de inversión en el mercado de capitales de Colombia, para un inversionista con una aversión al riesgo balanceada, el cual se construye siguiendo las teorías de Frontera Eficiente (Markowitz, 1952), Coeficiente de Sharpe (Agudelo, 2011), y Aversión al Riesgo (Agudelo, 2011). [38]

Como conclusión de este trabajo se puede destacar la recomendación de realizar análisis financiero profundo a las empresas donde se quiera invertir con el fin de tener una mejor visión de los riesgos externos a los que se va a estar expuesto y conocer las perspectivas de crecimiento futuras y se menciona la relevancia de analizar el comportamiento histórico de las acciones de las empresas donde se desea invertir.

Por otra parte, en el documento elaborado por Henao y Díaz (2016), haciendo uso de la prueba Backtesting, presentan una evaluación del desempeño de la estimación del VAR para un portafolio de inversiones con un perfil conservador diversificado del mercado de valores de Colombia, a través de las metodologías Delta-Normal, Simulación Montecarlo, Simulación Histórica y la Metodología Estándar de la Superintendencia Financiera de Colombia. Primero se realizó el diseño y estructuración del portafolio, después se explica paso a paso la medición del VAR por medio de cada una de las metodologías seleccionadas y finalmente se realiza la evaluación final del desempeño en la estimación del VAR del portafolio para cada una de las metodologías desarrolladas. [39]

La conclusión de este documento es que se puede afirmar que la metodología Delta-Normal presenta un mejor desempeño, frente a la Simulación Histórica, la Simulación Montecarlo y la Estándar de la SFC para estimar el VAR en un portafolio de inversiones conservador diversificado del mercado de valores colombiano. La razón de este resultado de acuerdo al estudio es porque el Delta Normal maneja los supuestos que mejor se ajustan al caso del mercado colombiano. [39]

En el estudio de (Valencia, 2014), se diseñó un portafolio de inversión de renta variable con instrumentos financieros colombianos bajo la metodología de cartera eficiente de Harry Markowitz. La teoría desarrollado por Harry M. Markowitz es un modelo matemático y estadístico que ha servido como base para que muchos inversionistas administrarán sus portafolio de forma eficiente; sigue siendo utilizado por administradores de inversiones para la conformación de sus portafolios, es por esto que en este estudio se seleccionaron 10 activos financieros de renta variable local que conformaron un portafolio de inversión y teniendo en cuenta la teoría anteriormente mencionada se buscaron las mejores combinaciones posibles que permitieron la menor varianza y la máxima rentabilidad. [40] Como conclusión de este trabajo y después de aplicar la metodología de Markowitz, se muestra que la base para un modelo de cartera eficiente es tener la información histórica de los instrumentos financieros, esto hizo que el mejor portafolio de inversión sea altamente concentrado, en un escenario de largo plazo, se encontró que los activos financieros con mayor participación en el portafolio son aquellos que poseen alta rentabilidad entre 18.04% y 33.16%, reducida varianza entre 1.74% y 2.07% y baja correlación con otros activos. [40]

(Pérez, 2013) en su trabajo de investigación eligieron una empresa del sector real enfocada en la construcción de muebles empresariales y personalizados de Medellín, a la cual se le elaboro un portafolio óptimo de inversión, para un perfil de riesgo conservador, en este caso el de la empresa objeto de estudio, teniendo en cuenta metodologías para construcción de portafolio óptimo, mediante la selección de activos ideales, que permiten la obtención del Valor en Riesgo y análisis de Riesgos en general logrando una propuesta de valor que le permite a la Alta Gerencia de la empresa determinar sus objetivos y horizontes de inversión. [41]

La construcción del portafolio se divide en tres etapas dentro del trabajo: Identificación del perfil de riesgo del inversionista según su objetivo y horizonte de inversión, la Construcción de un

portafolio ajustado a dicho perfil y tercero, la creación de políticas de inversión que permitan una adecuada identificación, medición y control de los riesgos asociados a las inversiones realizadas. Se concluye en la investigación que para construir un adecuado portafolio de inversión es necesaria la óptima gestión de los riesgos, además se muestra que mediante la aplicación de una encuesta de perfil de riesgo se logró determinar el perfil adecuado del inversionista y así se construyó el portafolio y políticas de inversión acorde con dicho perfil; y por último se resalta el papel indispensable de la medición cualitativa y cuantitativa de los diferentes riesgos asociados a los activos que conformaban parte del portafolio, ya que de esta manera se logró ajustar a las necesidades del inversionista. [41]

En el trabajo realizado por (Johnson, 2000) del Banco Central de Chile, titulado de evaluación del riesgo para portafolios de inversión se presenta de una manera didáctica, y con ejercicios de aplicación programados en Excel y en GAUSS los diferentes métodos alternativos de evaluación de riesgo para portafolios con múltiples activos, de manera que puedan ser aplicados, por administradores de portafolios de renta fija y renta variable. Las teorías que se aplican en este trabajo son Análisis de Retorno Total, Frontera Eficiente, Valor del Riesgo (VaR), Teoría de Valores Extremos (EVT), Tracking Error y simulaciones de Monte Carlo los cuales se aplican a portafolios ficticios. Cada método presentado en el trabajo de investigación tiene ventajas y desventajas. Como conclusión, se dice que en la medida que el portafolio analizado no contenga activos no lineales como opciones, se recomienda usar métodos simples como el delta-normal o simulación histórica, los cuales generan una matriz de riesgos en base a información de opciones (volatilidad implícita) o en base a retornos históricos. Sin embargo, si el portafolio dispone de activos no lineales es recomendable la utilización del método de simulación de Monte Carlo, el cual por lo demás tiene la desventaja de hacer gran uso de recurso informáticos. [42]

De acuerdo a (Zambrano, 2003) en su trabajo de investigación trata de propiciar mejoras en la gestión de riesgos en sistemas financieros pocos desarrollados, por tanto, en el trabajo estudia la medición de los diferentes riesgos financieros a través de la aplicación del Valor en Riesgo (Var) sobre los portafolios financieros. En este trabajo se trata de implementar una razonable medición de riesgos, ganar eficiencia en la asignación de capital y adoptar la regulación financiera internacional, en el desarrollo del estudio se tienen en cuenta diversos factores de riesgo como tipo de cambio, tasas de intereses, etc. y sus correlaciones, estos pueden ser más significativos en sistemas financieros pequeños como los de América Latina, los cuales tienen una alta dolarización y se genera el riesgo cambiario crediticio; por tanto se resalta que en economías altamente dolarizadas es vital el análisis de la relación entre choques cambiarios y su impacto sobre las tasas de descuento. Como conclusión general, se menciona que la identificación y mapeo de los riesgos en los instrumentos financieros es el primer elemento básico para la gestión de riesgos. [43]

(Díaz, 2014) analiza las últimas medidas de riesgo, para que las empresas que manejan distintos portafolios, ya sea de inversión o como cobertura para otros activos financieros, conozcan cómo cubrirse de la volatilidad del mercado y así disminuir la probable pérdida frente a malas situaciones. En la investigación, se analiza la principal medida de riesgo Value-at-Risk, y se compara con la nueva medida Déficit Esperado, que se está utilizando sobre las demás medidas, al cumplir una serie de características que la vuelven más eficiente y óptima al evaluar posibles pérdidas. Como conclusión, se encuentra que la principal diferencia entre ambas metodologías de medición es que el Déficit Esperado calcula un riesgo mayor que el del VaR al utilizar un coeficiente de estimación mayor, por lo que es más conservador; pero en casos normales de mercado, como es el caso del mercado chileno, los activos no son altamente volátiles y el portafolio no tendrá posibles pérdidas mayores a las esperadas, por lo que la estimación del VaR es suficiente

como análisis de riesgo. En situaciones donde el portafolio contenga activos muy volátiles, se aconseja el uso del Déficit Esperado y siempre a un nivel de confianza del 99% en ambas medidas para obtener resultados más acertados. [44]

En un trabajo de investigación realizado por los funcionarios Melo y Becerra (2005) del Banco de la Republica describen en detalle diversas metodologías que permiten calcular dos medidas utilizadas para cuantificar el riesgo de mercado asociado a un activo financiero: el valor en riesgo, VaR y el Expected Shortfall. [45]

Estas metodologías son aplicadas a las variaciones diarias de la tasa interbancaria para el periodo comprendido entre el 16 de abril de 1995 y el 30 de diciembre de 2004. El desempeño o Backtesting del VaR calculado para diferentes metodologías en los años 2003 y 2004 muestra que las mejores son aquellas que modelan la dependencia de la varianza condicional, tales como los modelos RiskMetrics, ARMA-GARCH y ARMA-GARCH-EVT. Las técnicas con el peor desempeño son la de simulación histórica, la EVT sin modelar dependencia y la basada en el supuesto de normalidad. Aunque el VaR es bastante utilizado, no es una medida de riesgo coherente. Es decir, el VaR no refleja en todos los casos ganancias por diversificación. En ese sentido, existen otras medidas de riesgo coherentes, tal como el Expected Shortfall, el uso de estas dos medidas, VaR y ES, puede aportar mayor información en la toma de decisiones. [45]

El documento no abarca la totalidad de las metodologías econométricas relacionadas con el riesgo de mercado, solo genera un marco general para una mayor discusión técnica acerca de las aplicaciones de estos temas, por lo que solo se trataron modelos univariados y uniecuacionales relacionados con el VaR. [45]

3. Método

3.1 Diseño Metodológico

La información que se utilizara para realizar el estudio es información secundaria de carácter descriptiva y cuantitativa, teniendo en cuenta las investigaciones que se encuentran en el estado del arte lo cual nos ayudara a identificar las metodologías que más se utilizan para medición de riesgos financieros en Colombia de renta variable, al extraer esta información se realizara un análisis comparativo en las metodologías que existen para determinar cuáles nos generan mayor fiabilidad y precisión para obtener el resultado esperado a la hora de realizar una inversión, al determinar las metodologías que más se utilizan en la medición de riesgo financiero , se realizara una combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos, con el fin de realizar análisis completos y que den respuesta al objetivo del proyecto.

3.1.1. Tipo de investigación. Esta investigación es de tipo descriptiva, orientada al análisis, interpretación y exposición de información proveniente de fuentes secundarias, se parte de la identificación de una situación que no ha sido estudiada y que requiere serlo, por la importancia que representa en el mercado. Teniendo en cuenta existen varias metodologías para la medición de riesgo financiero de acuerdo al tipo de instrumento que se desea medir ya que nos permite identificar el riesgo o tendencia que se tiene cuando se realiza una inversión y nos ayuda a tomar posiciones ante dicho riesgos.

3.1.2. Metodología a desarrollar. El diseño del instrumento se realizará bajo la metodología del modelo de regresión lineal a través de un modelo matemático que permita aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente e independiente, con el fin de darle una opción al inversionista del mercado de capitales colombiano. Se desarrollará un portafolio con las acciones de Ecopetrol de los precios diarios de cierre de los últimos 4 años, adquiridas por la bolsa de

Valores de Colombia, que permitirá de una manera teórica, práctica, metodológica hacer la combinación correcta de activos financieros y obtener la mayor eficiencia entre riesgo y rentabilidad. Esta metodología admite que los errores en la medición de las variables explicativas sean independientes entre sí, con una línea de tendencia en una serie de datos obtenidos en un período, reconociendo analizar si la variable dependiente ha crecido o decrecido en comparación con las mismas variables de los modelos escogidos.

3.2. Fases de la investigación.

Para cumplir con el objetivo del proyecto de investigación se llevan a cabo las siguientes fases o etapas.

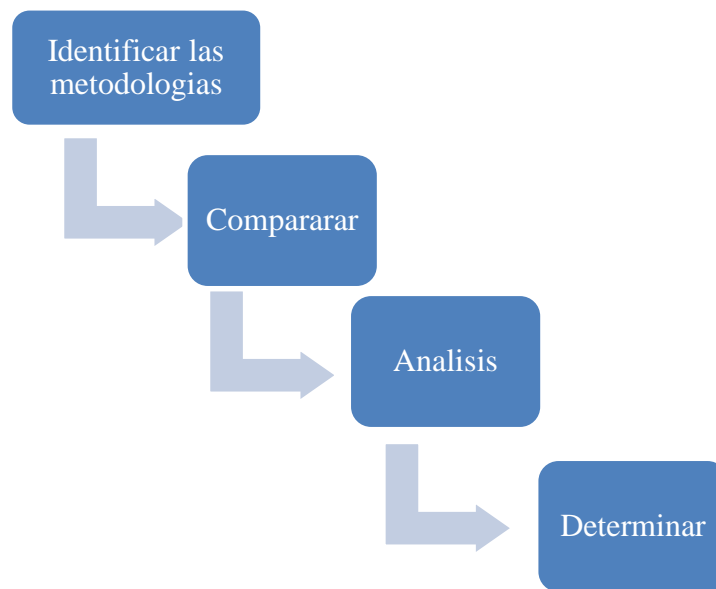


Figura 1. Etapas del proyecto de investigación

3.2.1. Fase 1. En esta etapa tiene como fin identificar las metodologías que existen en Colombia de renta variable para la medición de riesgo financieros por lo tanto esa información se extraerá de las revistas y proyectos de investigación lo cual nos servirá de apoyo.

3.2.2. Fase 2. Con la información y metodologías ya identificadas se procede a realizar un comparativo para cada una de estas para así escoger cuales nos aportan mayor fiabilidad y precisión para obtener el resultado esperado a la hora de invertir teniendo en cuenta como base cuales se utilizan más en el mercado al realizar operaciones en renta variable.

3.2.1. Fase 3. Una vez realizado el comparativo se procede a ejecutar una simulación tomando como un escenario los precios de cierre de las acciones de Ecopetrol de los últimos 4 años adquiridas por la bolsa de valores de Colombia, aplicando las metodologías escogidas y así poder determinar cuál nos genera mayor confiabilidad en los resultados obtenidos para tratar de controlar los riesgos generados a la hora de invertir.

3.2.2. Fase 4. Por último, se procede a analizar y determinar cuál metodología a través de la simulación del escenario nos genera mayor exactitud y fiabilidad para la toma de decisiones al realizar las inversiones.

4. Presupuesto

4.1. Presupuesto Detallado

Tabla 1. *Recurso humano*

Rubro 1:		Recurso humano					
N°	Perfil Requerido	Función dentro del proyecto	Dedicación (Horas/mes)	Valor hora (\$)	Meses de vinculación	Valor mes (\$)	Valor total
1	Ingeniería industrial	Investigador	30	\$ 0	4		
2	Docente	Director de proyecto	10	\$ 30,00	4	\$ 270,00	\$ 2,700,000
Valor total recurso humano							\$ 10,800,000

Nota: Descripción de perfiles profesionales que se requieren para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2. *Equipos*

Rubro 2:		Equipos				
N°	Nombre	Descripción	Cantidad (mes)	Meses	Valor unitario	Valor total
1	Computador	Arrendamiento equipo computo	1	4	\$ 20,00	\$ 200,00
Valor total recurso humano						\$ 200,00

Nota: Relación de equipos para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3. *Material Consumible*

Rubro 3:		Material consumible				
N°	Nombre	Descripción	Cantidad (mes)	Meses	Valor unitario	Valor total
1	Base de datos	Información requerida para el desarrollo del proyecto	1	4	\$ 500,00	\$ 500,00
Valor total recurso humano						\$ 500,00

Nota: Tipo de información que se requiere para el desarrollo de la investigación.

Tabla 4. *Comunicaciones*

Rubro 4:		Comunicaciones				
N°	Nombre	Descripción	Cantidad (mes)	Meses	Valor unitario	Valor total
1	Internet	Consumo de internet	1	4	\$ 50,00	\$ 500,00
Valor total recurso humano						\$ 500,00

Nota: Redes de comunicación que se requieren para el desarrollo de la investigación

Tabla 5. *Publicaciones y material bibliográfico*

Rubro 5: Publicaciones y material bibliográfico						
N°	Nombre	Descripción	Cantidad (mes)	Meses	Valor unitario	Valor total
1	Impresión	Anteproyecto	1	1	\$ 20,00	\$ 20,00
2	Impresión	Proyecto	3	1	\$ 20,00	\$ 60,00
3	CD	Proyecto	3	1	\$ 5,00	\$ 15,00
Valor total recurso humano						\$ 95,00

Nota: Listado de materiales para el desarrollo de la investigación.

4.2. Presupuesto Global.

Tabla 6. *Presupuesto global*

Ítem	Rubro	Valor presupuestado
1	Recurso humano	\$ 10,800,000
2	Equipo	\$ 200,00
3	Material Consumible	\$ 500,00
4	Comunicaciones	\$ 500,00
5	Publicaciones y material bibliográfico	\$ 95,00
Valor total del proyecto		\$ 12,095,000

Nota: Descripción final de los ítems para la ejecución de la investigación

5. Cronograma

Tabla 7. Cronograma de actividades

Tiempo Actividad		2019																			
		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Identificar las metodologías para la medición de riesgos financiero de Colombia en Renta Variable			■	■																
	Extraer información de las metodologías en la medición de riesgos financieros.					■	■														
	Realizar un cuadro comparativo de cada una de las metodologías							■	■												
	Realizar una simulación de escenarios con las metodologías escogidas									■	■										
	Analizar la información y resultados esperados											■	■								
	Determinar cuáles metodologías nos generan mayor fiabilidad de acuerdo a los resultados													■	■						
	Elaboración del informe.															■	■				
	Entrega del informe final al director para revisión.																		■		
	Presentación del proyecto de grado																			■	

Realización de actividades-Proyectado	■
Realización de actividades-Ejecutado	■

Nota: Listado de actividades a realizar en el desarrollo de investigación.

6. Resultados

6.1. Describir las metodologías más usadas para la medición de riesgos financieros en renta variable.

Según diferentes documentos y estudios (proyectos, blogs) se encontró que existen diferentes metodologías para la medición de riesgos financieros, lo cual nos permite de hoy en día tomar mejores decisiones a la hora de invertir para obtener una buena rentabilidad, minimizando el riesgo en el capital; dentro de ellas se destacaron las más utilizadas en el mercado colombiano de renta variable para medir el Valor en riesgo del mercado, lo cual existen 3 principales metodologías lo cuales son el Var Paramétrico, Simulación histórica y Montecarlo. [45]

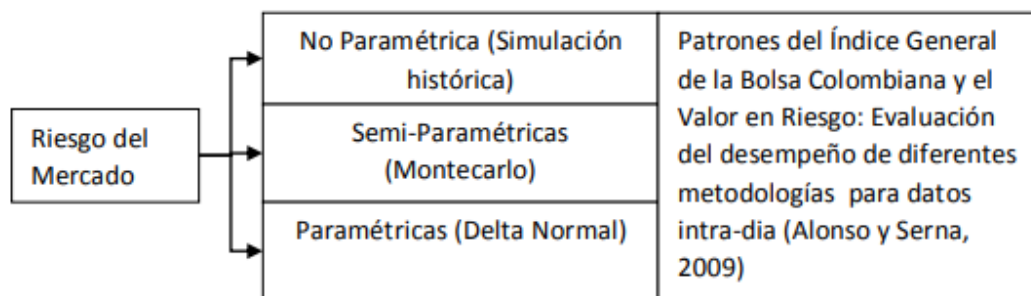


Figura 2. Tipos de medidas

Adaptado de “Exploración de metodologías para el cálculo del valor en riesgo del mercado de renta variable en Colombia” por David Ballesteros & Aníbal Ladino, 2016.

6.1.1. Valor en el riesgo. Es una técnica estadística que nos permite medir el riesgo financiero esperado de una inversión, lo cual nos permite determinar el grado de probabilidad normalmente del 1% o 5% de sufrir una máxima pérdida en un intervalo de tiempo específico y con un cierto

nivel de confianza. El Var se expresa en una unidad de medida fácil de entender ya que agrega todo el riesgo de una inversión en un solo número. [45]

Como se mencionó anteriormente es necesario destacar la importancia de escoger los dos parámetros que son indispensables para realizar los cálculos:

- Horizonte de Tiempo (N)
- Nivel de confianza $(1-\alpha)$ %

El Horizonte de Tiempo se determina por la aplicación que se va a dar a esta medida, ya que depende del tipo de escenario que se esté analizando, porque podemos hablar de horas, meses o años, teniendo en cuenta que esto puede afectar el modelo y los supuestos que se empleen al momento del calcular el VaR. De esta misma forma la selección del nivel de confianza depende de la aplicación que se le vaya a dar al Var ya que los niveles más utilizados corresponden al 95%, 99% y 99,9%. [46]

Este método se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas para la medición de riesgos para diferentes reguladores y agentes, este tiene su inicio en principios de los 80 cuando diferentes firmas financieras implementaban el Var como una medida para los portafolios, una de las razones por las que adquirió mayor reconocimiento es por la simplicidad del concepto y su interpretación de la máxima pérdida posible en un determinado tiempo. El var muestra el peor escenario posible para una inversión o activo dados unas condiciones normales del mercado, facilitando la toma de decisiones y riesgos a la hora de invertir. Lo cual permite a los reguladores como la Superintendencia financiera determinar el porcentaje (%) de dinero a invertir de acuerdo al tipo de riesgo que están asumiendo. [46]

6.1.2. Var paramétrico. Este método permite evaluar el VaR utilizando una serie de datos de rentabilidad y asumiendo una distribución normal a diferencia del método de simulación histórica, por lo tanto, se requiere información histórica respecto al cálculo de las volatilidades y correlaciones de acuerdo a las variables del mercado que se consideran importantes. De esta manera se puede calcular el VaR mediante la desviación típica de cartera (σ) y el elemento (z) que depende del nivel de confianza que se haya determinado para el cálculo, lo cual se multiplican entre ambos. [47]

De tal manera que cuando tengamos los datos de la rentabilidad y la desviación aplicamos la siguiente formula:

$$\text{VaR} = (\mu - Z\sigma)V$$

Siendo μ la rentabilidad esperada, Z el valor multiplicativo que depende del nivel de confianza escogido, σ la desviación de la rentabilidad y V el valor de la inversión. [47]

6.1.3. Simulación histórica. De acuerdo a (Salinas, 2009) este método se calcula teniendo en cuenta una serie de datos históricos de un determinado portafolio, ya que cualquier escenario del pasado podría darnos un escenario futuro; por lo tanto, con estos datos es posible la elaboración de una serie de tiempo de precios o rendimientos simulados, en el cual se procede a hallar un vector de pérdidas y ganancias. De esta manera con estos valores finales se procede a determinar los percentiles asociados al intervalo de confianza y posteriormente hallar el Var para un determinado conjunto de activos. [47]

Para calcular el VaR, se aplica la siguiente formula:

$$L_t = \sum_{i=1}^k V_k R_{kt}$$

Donde, L_t representa la serie de cambios en el valor de un activo financiero, de manera que se suman en cada momento del tiempo replicando la serie de rendimientos históricos R_t y ordenandos de menor a mayor, posteriormente se halla la L_t mínima que corresponde al VaR del activo, aplicando el nivel de confianza de acuerdo al caso. [47]

Esta metodología supone que la distribución no cambie en el tiempo, lo que hace que sea sensible al tamaño de la muestra que se utilice. Para algunos autores, no hay ninguna teoría que permita solucionar el problema de predecir el riesgo en el mercado; excepto la función de las distribuciones empíricas muestra diferentes hechos útiles sobre la naturaleza de los rendimientos históricos. Cabe resaltar que las inestabilidades del mercado dentro de corto tiempo se mantienen estable, pero cambia a ser volatilidad a largo plazo. [47]

6.1.4. Simulación montecarlo. La Simulación Montecarlo es una herramienta que permite analizar e identificar las diferentes situaciones de incertidumbre a través de escenarios que podrían darse en el futuro. Este método permite crear escenarios de rendimientos o precios a través de números aleatorios, de esta forma se puede contar con la misma cantidad de precios simulados de un determinado activo para diferentes horizontes de tiempos, Luego se evalúa el portafolio para cada escenario de precios y se muestran los resultados como distribución de probabilidades de los

rendimientos como una medida específica de riesgo o VaR. De esta forma si los instrumentos no están correlacionados entre sí, solo se procede a repetir n veces. [47]

Una de las ventajas de esta metodología es que permite ensayar con otros escenarios, ya que es según (Jorion, 2005) este modelo permite incluir el peligro en los precios que están alineados y con peligro de convertirse en volatilidades. [47]

6.2. Comparar las diferentes metodologías con el fin de seleccionar la que genera mayor confianza al momento de negociar con renta variable.

6.2.1. Var paramétrico. El Var paramétrico es aplicado a los activos que están relacionados de forma lineal, y que asumen una distribución normal de la rentabilidad. Se denomina paramétrico puesto que estima parámetros muestrales y que hacen inferencia estadística para el establecimiento de las poblacionales, dicho método cuenta con diferentes parámetros como la volatilidad, correlación, delta y gama.

Este método establece la restricción de precios lineales, lo cual no es conveniente para aquellos valores no lineales como en escenarios donde el mercado tiene diferentes fluctuaciones. Otra dificultad que tiene esta metodología se encuentra en la estabilidad de desviación estándar a lo largo del tiempo ya que los valores extremos tienden a ser mayores que el VAR lo cual puede llegar a generar un riesgo mayor a la de otras metodologías. [48]

Dicho método tiene limitantes entre estos se encuentra la función de distribución normal. Ya que según Ming Chen (2016) esta tiene como planteamiento que en los diferentes mercados financieros la rentabilidad no sigue una distribución normal lo que significa que el Var se encuentra inclinado ya que si nos encontramos con una crisis financiera o cambios abruptos en la economía tendríamos diferentes rendimientos esperados. [15]

6.2.2. Simulación histórica. A diferencia del Var Paramétrico, esta metodología no es paramétrica porque utiliza únicamente el comportamiento histórico observado en un horizonte de tiempo, donde no toma ningún supuesto acerca de la distribución de probabilidad de las rentabilidades, el cual se aplica para activos tanto lineales y no lineales que conforma un portafolio. [49]

De acuerdo a lo citado en (Hao Li, 2014) en una encuesta realizada por Pernigón y Smith en 2009, encontraron que el 73% de los bancos de EEUU y Canadá desde el 1196 hasta 2005 han utilizado metodologías para el cálculo de Var basados en la simulación histórica y el método de Montecarlo. [48]

Dicho método contiene tres parámetros básicos como el nivel de confianza, horizonte de proyección y la moneda base, la cual se puede asumir que los diferentes movimientos presentados en los mercados en el pasado pueden suceder en el futuro; teniendo en cuenta los diferentes factores de riesgos más importantes que permiten analizar y obtener posibles escenarios.

Para determinar el Var se requiere información de los precios de las variables del mercado, lo cual se identifican como factores de riesgo de un periodo anterior, y también se determinan los cambios diarios en porcentaje de cada uno de los factores de riesgos; esto es necesario para aplicar los retornos de cada uno de los activos y así realizar la suma de ellos, este resultado nos ayuda a identificar la variación del valor de la cartera en el día y con esto podemos realizar cantidad de simulaciones para identificar el comportamiento diario del portafolio. Posteriormente se organiza de forma ascendente los cambios diarios del valor del portafolio. Finalmente se utiliza un nivel de confianza deseado calculando el cuantil de la distribución conformada por las pérdidas y ganancias. [48]

A diferencia con el método de Monte Carlo, esta metodología tiene la ventaja de no asumir una distribución para los retornos utilizando la distribución histórica por lo que permite calcular e interpretar con facilidad. De otra forma se puede cuestionar la fidelidad de utilizar la distribución histórica de la distribución de rendimientos futuros debido a las condiciones del mercado ya que pueden variar ha como han sido en el pasado, también es importante resaltar que esta metodología tiene una restricción en la amplitud de los datos que se tomen ya que si se toma un pequeño número de escenarios lo cual nos proporcionaría un resultado de menor confianza en el cálculo del VAR. [48]

6.2.3. Metodología montecarlo. Es uno de los métodos más usados después de la simulación histórica, dicha metodología se utiliza para activos lineales y no lineales, lo cual realiza supuestos similares a los del modelo paramétrico, con base a los supuestos de la distribución de las rentabilidades y comportamiento de las volatilidades se realiza la simulación mediante la generación de diferentes números aleatorios. De tal forma que permita contar con igual cantidad de precios simulados del activo para un determinado horizonte de tiempo.

Esta metodología es aplicada principalmente para los comportamientos de aquellos activos que están faltantes de información histórica y cuya rentabilidad sigue distribuciones diferentes a la normal.

Comparando la metodología de Montecarlo con la simulación historia en esta última metodología se requieren el uso de datos históricos para realizar la distribución de los retornos, y en la metodología de Montecarlo se pueden realizar varios juicios sobre la distribución de las variables, adicional este método permite probar diferentes escenarios de potenciales cambios para las variables financieras.

6.2.4. Conclusiones comparativas. De acuerdo a las metodologías mencionadas anteriormente se pudo determinar con la información teórica e investigaciones encontradas que para la medición del riesgo basadas en una aproximación normal no son las más adecuadas, teniendo en cuenta que el comportamiento del mercado no es estable, de esta manera el Var paramétrico puede llegar tener resultados poco precisos para la medición del riesgo en renta variable, ya que asume que los datos tienen una distribución conocida utilizando una distribución normal estandarizada, el cual impone una restricción a los precios lineales; teniendo en cuenta que en diferentes estudios estadísticos y econométricos de precios en los mercados financieros actualmente no se ha demostrado que las utilidades tienen una distribución normal por lo tanto no es adecuado para aquellos valores que no se comportan de esta manera; adicional la estabilidad que se presenta en la desviación estándar a lo largo del tiempo ya que los valores extremos tienden a subestimar el Var generando un riesgo mayor que otras metodologías, por lo tanto para el desarrollo del tercer objetivo se seleccionaron las metodologías que no son paramétricas como Simulación Histórica y Monte Carlo lo cual son las más favorables para llevar a cabo el simulacro de renta variable pues estas metodologías no toman ningún tipo de distribución específica para los datos y de esta manera nos daría los resultados más cerca a la realidad y así elegir cuál de estas es la que genera mayor confiabilidad y más acertada para la medición del riesgo.

6.3 Determinar el comportamiento de la metodología para la medición de riesgos financieros en renta variable a través de una simulación de un escenario.

Para determinar la metodología que aporta mayor fiabilidad a la hora de invertir se eligió un escenario para realizar la simulación; el cual se trabajó con las acciones de los precios de cierre diarios de Ecopetrol de un periodo comprendido del 2016 al 2019, el cual fueron obtenidas de la

página de la Superintendencia financiera de Colombia. Considerando una inversión de las 100.000 acciones, se procedió a calcular el valor en riesgo (VAR) en una hoja de Excel, utilizando inicialmente la metodología de simulación histórica sobre los precios, con un nivel de confianza del 95% y un horizonte de tiempo de 1 día, teniendo en cuenta 977 datos.

6.3.1 Aplicación de simulación histórica. Para calcular el Var se utilizaron los precios promedios diarios de los últimos 4 años de acciones transmitidas por la bolsa de valores de Colombia de Ecopetrol. Inicialmente con esta información se procedió a calcular la rentabilidad diaria con la siguiente formula:

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

- P2: Precio 2
- P1: Precio 1

Para la lectura de la rentabilidad se utilizó con porcentaje % dejando 4 decimales, lo cual dio como resultado una serie de rentabilidades.

Luego se generó una serie de precios simulados teniendo en cuenta la volatilidad que tuvo históricamente el precio, por lo que el precio final que está en la serie de datos será el precio de hoy, para así calcular la simulación del precio de mañana, por lo que se debe tener en cuenta la rentabilidad obtenida anteriormente para cada uno de los datos en la serie histórica; para calcularlo se utilizó la siguiente expresión:

$$P_2 = P_1 * e^{Rd} = P_1 * \exp(Rd)$$

- P2: Precio 2

- P1: Precio 1
- Rd: Rentabilidad Diaria

Donde obtuvimos una secuencia de posibles precios simulados para mañana, por lo tanto, se procedió a calcular la rentabilidad diaria para el precio simulado y se observó que estamos generando precios de acuerdo a la rentabilidad que se obtuvo en el pasado.

Posteriormente, se calculó el monto futuro para cada uno de los precios simulados, lo cual se utilizó la siguiente formula:

$$\text{N}^\circ \text{Acciones} * \text{Precio Simulado} = \text{Monto Futuro simulado}$$

Con esta fórmula se obtuvo el monto futuro simulado que se va a tener el día de mañana teniendo en cuenta que nuestro horizonte de tiempo es de 1 día, por lo que es importante saber las utilidades que se obtienen para cada uno de los precios, para ello se comparó el monto futuro simulado con el monto actual de inversión aplicando la siguiente formula.

$$\text{Monto Futuro simulado} - \text{Monto actual de inversión} = \text{Pérdidas y ganancias}$$

Y así sucesivamente se realizó para cada uno de los precios simulados de las acciones, lo cual da como resultado todos los posibles escenarios que se pueden tener el día de mañana.

Con la información obtenida de la serie de pérdidas y ganancias, se calcula el VaR utilizando la función en Excel de percentil según el nivel de confianza que para este caso corresponde al 5% dando como resultado:

Tabla 8. *Calculo del Var en simulación histórica*

VaR	-\$	8.318.663
simulhistprecio:		
VaR%		-2,4927%
simulhistprecio:		

Nota: Resultado del Var calculado en pesos y porcentual.

Lo cual nos quiere decir que de esos 977 datos de pérdidas y ganancias que se obtuvo, el que está en la posición del 5% es de -\$8,318.663, lo cual este resultado nos muestra el Var (Máxima Perdida) calculado a partir del precio simulado de mañana considerando las rentabilidades históricas.

Por lo que se puede decir que la Máxima Perdida esperada para el día de mañana de las 100.000 acciones de Ecopetrol es de -\$8,318.663. Para ver procedimiento y resultados ver Apéndice A.

6.3.2 Aplicación metodología montecarlo. Con el mismo escenario escogido inicialmente se procedió a realizar el cálculo del VaR con la Metodología de Montecarlo sobre probabilidad acumulada de la rentabilidad del activo:

Primeramente, se realizó el mismo cálculo de rentabilidad diaria con los precios promedios diarios de los últimos 4 años de acciones de Ecopetrol aplicando la siguiente formula:

$$\ln\left(\frac{P^2}{P^1}\right)$$

- P2: Precio 2
- P1: Precio 1

Como resultado se obtiene una serie de rentabilidades diarias a partir del precio del activo, seguidamente se calculó la distribución de probabilidad de la rentabilidad del precio del activo y para ello se utilizó la función análisis de datos de Excel, calculando el histograma y obteniendo como resultado la frecuencia acumulada para la rentabilidad, la clase que corresponde a los intervalos de rentabilidades, y la frecuencia absoluta.

Tabla 9. *Frecuencia acumulada, absoluta y clase para la rentabilidad de cada una de las acciones*

<i>Frecuencia</i>	<i>% acumulado</i>	<i>Clase</i>
1	0,10%	- 0,07212587
0	0,10%	- 0,06704843
2	0,31%	-0,061971
1	0,41%	- 0,05689357
1	0,51%	- 0,05181614
1	0,61%	- 0,04673871
5	1,13%	- 0,04166128
6	1,74%	- 0,03658385

Nota: Resultados de la frecuencia acumulada para cada rentabilidad.

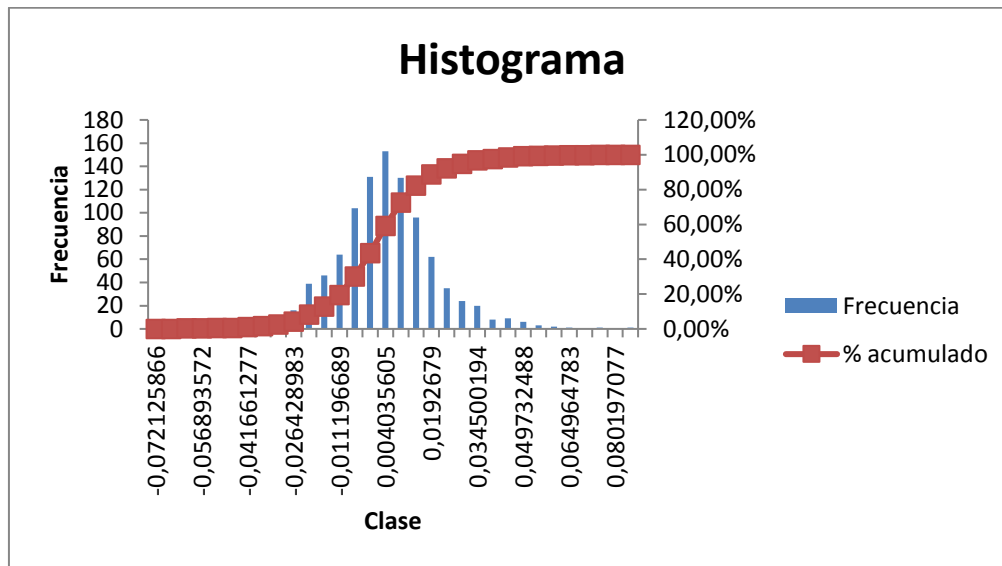


Figura 3. Descripción de la frecuencia en la que se encuentran distribuidos los datos

Esta información se calculó teniendo en cuenta que este método consiste en generar números aleatorios para la probabilidad acumulada y luego establecer en que intervalo se encuentra, para esto se aplicó la función aleatoria de Excel, lo cual genero un numero con una distribución de probabilidad uniforme, a este resultado le corresponde una probabilidad acumulada lo cual es el mismo valor en porcentaje.

Seguidamente se realizó una búsqueda con la Función de Excel =BUSCARV para así determinar a qué rentabilidad simulada corresponde la probabilidad acumulada, para ello se tomó como base en la función la probabilidad acumulada y la tabla de la serie de datos de porcentaje acumulado y clase.

ACCIONES ECOPETROL 2016-2019					
AMPLITUD	PROBABILIDAD RENTAB DIARIA	PRECIO			
% acumulado	Clase	ALEATORIO	ACUMULADA	SIMULADA	SIMULADO MAX
0	-7,2126%	0,59972	59,97%	=BUSCARV(K4;\$H\$4:\$I\$36;2;1)+\$I\$2	
0,10%	-7,2126%	0,11645	11,64%	BUSCARV(valor_buscado; matriz_tabla; i	
0,10%	-6,7048%	0,44077	44,08%	0,4036%	\$ 3.351
0,31%	-6,1971%	0,76435	76,44%	1,4190%	\$ 3.385
0,41%	-5,6894%	0,55779	55,78%	0,4036%	\$ 3.351

Figura 4. Cálculo de la rentabilidad diaria simulada.

De acuerdo a la rentabilidad máxima simulada obtenida, se procedió a calcular el precio simulado máximo, lo cual corresponde a la siguiente formula:

$$\text{Precio de la acción Hoy} * \text{EXP (Rentabilidad Simulada)} = \text{Precio Max Simulado}$$

- Exp: Función Exponencial en Excel

Seguidamente, con el resultado de ese precio simulado se calculó el monto simulado de la inversión total, que corresponde a la siguiente formula:

$$\text{N.º acciones de hoy} * \text{Precio Max Simulado} = \text{Monto Simulado de Inversión}$$

	M	N	O	P	Q
ACCIONES ECOPETROL 2016-2019					
	PRECIO	MONTO	PYG		
	SIMULADO MAX	SIMULADO INV	SIMULADO		
0	\$ 3.368	=SQ\$4*M4	\$ 3.055.167	No. De acciones:	\$ 100.000
1%	\$ 3.283	\$328.339.911	-\$ 5.387.160	Precio de Mercado:	\$ 3.337
1%	\$ 3.351	\$335.076.583	\$ 1.349.512	Monto:	\$ 333.727.071
.%	\$ 3.385	\$338.496.575	\$ 4.769.504	Nivel de confianza:	95%
.%	\$ 3.351	\$335.076.583	\$ 1.349.512	Nivel de significancia:	5%
.%	\$ 3.437	\$343.692.124	\$ 9.965.053	Dias:	1
.%	\$ 3.334	\$333.379.566	-\$ 347.504		

Figura 5. Cálculo del monto simulado de inversión.

Posteriormente, con el resultado obtenido se calculó las pérdidas y ganancias simulado, para ello se comparó el monto futuro simulado con el monto actual de inversión, aplicando la siguiente formula:

$$\text{Monto Futuro simulado} - \text{Monto actual de inversión} = \text{Pérdidas y ganancias Simulado}$$

Y así sucesivamente se realizó el cálculo para cada uno de los precios simulados de las acciones, lo cual se obtuvo como resultado todos los posibles escenarios que se pueden tener en el día de mañana para Ecopetrol.

CCIONES ECOPETROL 2016-2019					
PRECIO	MONTO	PYG			
% SIMULADO MAX	SIMULADO INV	SIMULADO			
0 \$	3.368	\$ 336.782.238	=N4-\$Q\$6	No. De acciones:	\$ 100.000
% \$	3.283	\$ 328.339.911	-\$ 5.387.160	Precio de Mercado:	\$ 3.337
% \$	3.351	\$ 335.076.583	\$ 1.349.512	Monto:	\$ 333.727.071
% \$	3.385	\$ 338.496.575	\$ 4.769.504	Nivel de confianza:	95%
% \$	3.351	\$ 335.076.583	\$ 1.349.512	Nivel de significancia:	5%
% \$	3.437	\$ 343.692.124	\$ 9.965.053	Dias:	1

Figura 6. Cálculo de pérdidas y ganancias simulado.

Finalmente, con los resultados obtenidos en la serie de pérdidas y ganancias se procedió a calcular el VaR, utilizando la función en Excel de percentil según el nivel de confianza que para este caso corresponde al 5%.

CCIONES ECOPETROL 2016-2019					
PRECIO	MONTO	PYG			
% SIMULADO MAX	SIMULADO INV	SIMULADO			
0 \$	3.368	\$ 336.782.238	\$ 3.055.167	No. De acciones:	\$ 100.000
% \$	3.283	\$ 328.339.911	-\$ 5.387.160	Precio de Mercado:	\$ 3.337
% \$	3.351	\$ 335.076.583	\$ 1.349.512	Monto:	\$ 333.727.071
% \$	3.385	\$ 338.496.575	\$ 4.769.504	Nivel de confianza:	95%
% \$	3.351	\$ 335.076.583	\$ 1.349.512	Nivel de significancia:	5%
% \$	3.437	\$ 343.692.124	\$ 9.965.053	Dias:	1
% \$	3.334	\$ 333.379.566	-\$ 347.504		
% \$	3.368	\$ 336.782.238	\$ 3.055.167	VaR\$ simul_hist_precio:	=PERCENTIL(O4:O979;Q8)
% \$	3.334	\$ 333.379.566	-\$ 347.504	VaR% simul_hist_precio:	PERCENTIL(matriz; k)
% \$	3.317	\$ 331.691.145	-\$ 2.035.926		

Figura 7. Cálculo del Var en Montecarlo.

Tabla 10. *Resultado del Var en Montecarlo*

VaR\$	-7.050.058
simul_hist_precio:	
VaR%	-2,1125%
simul_hist_precio:	

Nota: Resultados obtenidos del cálculo del var en pesos y porcentual.

Lo cual este resultado muestra la Máxima Perdida posible de -\$7.050.058 calculado a partir de la Metodología de Monte Carlo de probabilidad Acumulada simulada para un horizonte de tiempo de 1 día Para ver procedimiento y resultados ver Apéndice B.

6.3.3 Comparación de metodologías. En esta última fase se determinó la metodología que es más eficiente o conveniente para la medición del VaR, ya que con esos resultados permite conocer al inversionista con mayor precisión los posibles escenarios en un futuro, generando mayor seguridad a la hora de invertir.

En este caso se utilizó la prueba Backtesting, sugerida por la Basilea, la cual permite analizar si el resultado obtenido de la cartera de acciones de Ecopetrol, comparada con el pronóstico del VaR se está midiendo correctamente, para ello lo cual se aplicó el criterio de Kupiec, que permite calcular que tan eficiente es el Var al medir el riesgo en cada una de las metodologías utilizadas.

El Criterio de Kupiec realiza una prueba de hipótesis, el cual consiste en contar las veces que las perdidas exceden el Var durante un periodo. Se asume que X es el número de observaciones en que las perdidas exceden el VaR, para un nivel de Confianza dado (1-p), ese aprueba si la X observada es estadísticamente diferente a la probabilidad de error que se considera para el cálculo del VaR.

La siguiente tabla permite conocer de acuerdo a los resultados obtenidos sí o no aceptamos la hipótesis nula, dependiendo del número de excesos que se registren para cada métrica.

Tabla 11. *Tabla de Kupiec*

NIVEL DE PROBABILIDAD (P)	t: 255 días	t:510 días	t:1000 días
1.0%	$x < 7$	$1 < x < 11$	$4x < 17$
2,50%	$2 < x < 12$	$6 < x < 21$	$15 < x < 36$
5.0%	$6 < x < 21$	$16 < x < 36$	$37 < x < 65$
7,50%	$11 < x < 28$	$27 < x < 51$	$59 < x < 92$
10%	$16 < x < 36$	$38 < x < 65$	$81 < x < 120$

Nota: Región de No rechazo para el número de veces (x) que las pérdidas exceden el Var.

Adaptado de Medición y control de riesgos financieros. (2005). (3ª Ed.). México D.F.

Para determinar cuál es la metodología más eficiente, se procedió a calcular el VaR para cada día del último año transcurrido, en este caso se trabajó con (255) días, seguidamente se comparó el VaR diario calculado con la rentabilidad observada, luego se realizó una suma del número de veces que la pérdida excede al VaR calculado, con ese número de excesos se establece el rango de aceptación o no de acuerdo al indicador del criterio de Kupiec.

Este procedimiento se realizó para las dos metodologías escogidas inicialmente que son la simulación histórica y Monte Carlo, aplicando un nivel de confianza del 95% y un horizonte de tiempo de 1 día.

Para realizar el cálculo se realizó en una hoja de Excel, en la cual primeramente tomamos 255 días del último año, y con esta información calculamos el VaR aplicando la fórmula de percentil, desde la posición actual hasta el origen de las pérdidas y ganancias simuladas para el percentil

dato que es el 5%, este resultado se divide sobre el valor del monto de ese momento para que el resultado que dé en porcentaje, el cual seguidamente se multiplica por la raíz del tiempo que es de 1 día.

	G	H	I	J	K	L
	ACCIONES ECOPETROL 2016-2019					
	POSICION FUTURA		PERDIDAS Y GANANCIAS SIMU			
	todos los posible que pueden suceder manana					
	\$ 327.619.366	-\$	6.107.705	VAR	EXCESOS	
	\$ 327.934.600	-\$	5.792.471	=PERCENTIL(\$H\$4:H725;\$N\$8)/G725*RAIZ(\$N\$9)		
	\$ 326.522.866	-\$	7.204.205	-2,61%	0	

Figura 8. Cálculo del var.

Posteriormente, se calculó el número de excesos con la Función lógica SI de Excel, lo cual muestra que, si la rentabilidad que ocurrió en ese momento es menor al resultado del Var, quiere decir que hubo una perdida mayor a la que predijo el VaR, lo cual se verá reflejado con el número 1 en cada uno de los resultados si se cumple.

	H	I	J	K	L	M
	ACCIONES ECOPETROL 2016-2019					
	POSICION FUTURA		PERDIDAS Y GANANCIAS SIMU			
	todos los posible que pueden suceder manana					
	7.619.366	-\$	6.107.705	VAR	EXCESOS	
	7.934.600	-\$	5.792.471	-2,60%	=SI(D725<I725;1;0)	
	6.522.866	-\$	7.204.205	-2,61%	SI(prueba_lógica; [valor_si_verdadero]; [valor_si_falso])	
	4.273.899	\$	546.828	-2,55%	0	

Figura 9. Calculo número de excesos.

Este procedimiento se aplicó para las dos metodologías escogidas, los resultados obtenidos mediante la prueba de Kupiec se muestran a continuación:

Tabla 12. *Resultados de la prueba Backtesting bajo el criterio de Kupiec*

No. De acciones:	\$ 100.000
Precio de Mercado:	\$ 3.337
Monto:	\$ 333.727.071
Nivel de confianza:	95%
Nivel de significancia:	5%
días:	1

Nota: Resultados obtenidos de la prueba de Backtesting.

Tabla 13. *Resultados bajo el criterio de Kupiec*

N.º	Métricas usadas	VAR %	VAR \$	N Excesos	Nivel de eficiencia	CRITERIO KUPIEC
1	Simulación	-	-	7	97,30%	No se rechaza Ho
	Histórica	2,49%	\$8.318.663			
2	Montecarlo	-	-	10	96,10%	No se rechaza Ho
		2,11%	\$7.050.058			

Nota: Resultados obtenidos del nivel de eficiencia de las metodologías de simulación histórica y montecarlo.

De acuerdo a los criterios de Kupiec, los resultados muestran que las dos metodologías son aceptadas, porque el total de número de excesos es mayor que 6 y menor que 21, por lo que se encuentran en la región de No rechazo y se acepta la hipótesis Nula. En este caso la que mejor se

debe utilizar es la que tiene mayor nivel de eficiencia, la cual es la simulación histórica porque tiene como resultado el 97,3%. Para ver procedimiento y resultados ver Apéndice C.

7. Conclusiones

De acuerdo a las diferentes investigaciones se pudo determinar que el mercado de renta variable cada vez es más sensible a las variaciones de los precios que se presentan en el mercado, lo cual hace que al momento de una inversión se desconozca el tipo de riesgo al que se está exponiendo, por lo tanto en este trabajo se identificó que las metodologías que más se utilizan para la medición del riesgo en renta variable son el Var Paramétrico, simulación histórica y MonteCarlo, por lo que nos ayudan a calcular la máxima pérdida (Var) en que puede incurrir una posición financiera por los cambios en el mercado de un periodo de tiempo determinado, este tipo de modelos nos ayuda a examinar los posibles escenarios futuros en el que se puede presentar una pérdida, minimizando el riesgo.

Teniendo en cuenta los diferentes modelos, la medida de riesgo que genera mayor confianza para el mercado en renta variable son los modelos No-paramétricos y semi-paramétricos ya que estos mercados no son lineales y los resultados muestran una mejor apreciación de la máxima pérdida que puede tener un instrumento financiero; mientras que para el cálculo del Var con metodologías paramétricas tienden a tomar una distribución normal en sus rendimientos y esto hace que se encuentre sesgado y puedan incurrir en riesgo de cola, puesto que los precios en los mercados financieros son inestables por los cambios económicos, por lo tanto para realizar la simulación se determinó que las metodologías más apropiadas son la Simulación histórica y de MonteCarlo, teniendo en cuenta que se caracterizan por no tener presente una distribución conocida para los rendimientos de los activos financieros, lo cual ayudan a soportar mejor la toma

de decisiones permitiendo conocer la tendencia del riesgo y de esta manera establecer diferentes estrategias para prever futuras pérdidas, obteniendo como resultado mayor control de las inversiones.

Al realizar la prueba backtesting bajo el criterio de Kupiec, permitió verificar y evaluar la efectividad de cada una de las metodologías, comparando la rentabilidad obtenida con el Var, lo cual de acuerdo a los resultados observados la Simulación histórica tuvo 97,3% de eficiencia con una cantidad de 7 excesos, de esta manera se evidencio que las pérdidas generadas superan los valores estimados del Var, por ende las pérdidas son mayores; mientras que con la metodología de Montecarlo se obtuvo como resultado un 96,10% de eficiencia presentando 10 excesos, mostrando un comportamiento menor de eficiencia que el de simulación histórica, de acuerdo al indicador de Kupiec, indica que para los 255 datos tomados con un nivel de probabilidad del 5% se establece el rango de aceptación, por lo que si el número de excesos está dentro de $6 < x < 21$ no se rechaza la Hipótesis nula y estadísticamente nos muestra la metodología más adecuada, de esta manera se determinó que la metodología más eficiente para la medición del riesgo en renta variable, es la simulación histórica ya que nos refleja un comportamiento más cercano del mercado.

Por lo tanto, se demostró que la Simulación Histórica presenta una mejor predicción de la volatilidad de los precios debido a que nos muestra que sus cálculos estimados son más certeros al de la Simulación de Montecarlo, ya que para este tipo de mercados agresivos es importante monitorear las inversiones, para así reducir la incertidumbre que sufren los inversionistas al operar con los diferentes cambios que se presentan en el mercado. Este análisis nos lleva a estructurar y asegurar el buen funcionamiento de las inversiones dando una aproximación más cercana a las máximas pérdidas que se pueden presentar en un futuro, su comportamiento se determina directamente conociendo las rentabilidades obtenidas en el pasado generando posibles escenarios

que se pueden repetir en un horizonte de tiempo establecido, cabe resaltar que tomando una serie histórica más amplia dará un resultado más preciso.

Debido a la incertidumbre del futuro, esta metodología no solo le permite a las empresas que son emisores de renta variable si no a todos los actores de negociación tener una gestión apropiada del riesgo concentrándose en los diferentes objetivos de rentabilidad, respaldando de esta manera la estabilidad y liquidez en las empresas; lo cual se debe considerar como un instrumento de medición que permita identificar y tomar posiciones ante dichos riesgos, teniendo en cuenta que el buen manejo de estos resultados aportan al crecimiento de la economía en el país.

Bibliografía

- [1] «Gestiopolis,» 04 2002. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/que-es-una-accion/>.
- [2] A. A. G. Blanchard, 2010. [En línea]. Available: <http://campus.usal.es/~ehe/perote/documentos/Capitulo%204.pdf>.
- [3] [En línea]. Available: <https://sites.google.com/a/upaep.mx/metodologia-de-la-investigacion/investigacion---la-idea>.
- [4] I. Thompson, 12 2005. [En línea]. Available: <https://www.promonegocios.net/mercadotecnia/mercado-definicion-concepto.html>.
- [5] «BBVA,» [En línea]. Available: <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/fondos-inversion/que-es-la-renta-variable.html>.
- [6] «euroresidentes,» [En línea]. Available: https://www.euroresidentes.com/empresa_empresas/diccionario_de_empresa/finanzas/r/riesgo-financiero.htm.
- [7] «Administracion financiera,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/admfinanunifranz/home/simulacion-financiera-1>.
- [8] Romero, «Medidas de riesgo financiero,» 2005. [En línea]. Available: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/127411/149%20Medidas_de_Riesgo_Financiero_Rafael_Romero_M.pdf?sequence=1. [Último acceso: 02 11 2018].

- [9] C. A. Johnson, «researchgate,» 25 01 2002. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/23692394_Value_at_risk_teor%C3%ADa_y_aplicaciones. [Último acceso: 01 03 2019].
- [10] E. A. y. O. Rojas, «valor de riesgo (var) versus la desviación estandar como concepto en la eleccion de portafolios de inversion,» 10 2015. [En línea]. Available: <http://www.eafit.edu.co/programas-academicos/posgrado/maestria-administracion-financiera/investigacion/Documents/Trabajo%20de%20Grado.pdf>. [Último acceso: 01 03 2019].
- [11] A. Y. G. Muñoz, «riesgo financiero: una aproximacion cualitativa al interior de las mipymes en colombia,» 07 2017. [En línea]. Available: <https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/1029/808>. [Último acceso: 01 03 2019].
- [12] Lyntik, «Lyntik,» 23 09 2014. [En línea]. Available: <https://www.lyntik.co/blog/2014/09/23/los-tres-modelos-mas-importantes-para-medir-el-riesgo-financiero-de-sus-inversiones/>. [Último acceso: 02 03 2019].
- [13] Z. M. Antonio, «banco central de reserva peru,» [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Estudios-Economicos/09/Estudios-Economicos-9-9.pdf>. [Último acceso: 02 03 2019].
- [14] S. C. Q. Felipe Claro, «Repositorio uchile,» 26 10 2006. [En línea]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141728/Extreme%20Value%20Theory.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 11 04 2020].

- [15] M. B. Caro, «Repository Eafit,» [En línea]. Available: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12781/Mateo_BedoyaCaro_2018.pdf?sequence=2. [Último acceso: 11 04 2020].
- [16] Lyntik, «Lyntik,» 23 09 2014. [En línea]. Available: <https://www.lyntik.co/blog/2014/09/23/los-tres-modelos-mas-importantes-para-medir-el-riesgo-financiero-de-sus-inversiones/>. [Último acceso: 15 03 2019].
- [17] M. A. Zambrano, «banco central de reserva del peru,» [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Estudios-Economicos/09/Estudios-Economicos-9-9.pdf>. [Último acceso: 16 03 2019].
- [18] A. Novales, «Universidad Complutense,» 01 2016. [En línea]. Available: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41460/Valor%20en%20Riesgo.pdf>. [Último acceso: 11 04 2020].
- [19] V. J. J. Carabali, «abepro,» 09 10 2009. [En línea]. Available: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_ti_st_093_628_13021.pdf. [Último acceso: 16 03 2019].
- [20] BBVA, «BBVA,» 14 05 2015. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/finanzas-para-todos-el-riesgo-financiero-y-sus-tipos/>. [Último acceso: 17 03 2019].
- [21] «Aualet s.a,» [En línea]. Available: <https://www.afin.com.co/index.php/renta-variable>. [Último acceso: 18 03 2019].

- [22] «gerencie.com,» 25 04 2018. [En línea]. Available: <https://www.gerencie.com/ques-el-analisis-financiero.html>. [Último acceso: 17 03 2019].
- [23] «BVC,» [En línea]. Available: <https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/descripciongeneral/indicesbursatiles?action=dummy>. [Último acceso: 17 03 2019].
- [24] I. Vargas, «Rankia,» 15 07 2014. [En línea]. Available: <https://www.rankia.co/blog/analisis-colcap/2386958-que-bolsa-valores-como-funciona>. [Último acceso: 17 03 2019].
- [25] L. Castro, «Rankia,» 2017, 23 03. [En línea]. Available: <https://www.rankia.co/blog/analisis-colcap/3513621-que-son-acciones-significado-tipos-precio>. [Último acceso: 18 03 2019].
- [26] S. Yuste, «GestionPasiva,» [En línea]. Available: gestionpasiva.com/rentabilidad-inversion/#tab-con-3. [Último acceso: 18 03 2019].
- [27] «Administracion financiera,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/admfinanunifranz/home/simulacion-financiera-1>. [Último acceso: 18 04 2020].
- [28] «IBT,» 10 10 2016. [En línea]. Available: <https://institutoibt.com/sobre-el-backtesting/>. [Último acceso: 18 04 2020].
- [29] J. M. C. Julio Cesar Alonso, «ICESI,» 22 03 2013. [En línea]. Available: https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/1597/html. [Último acceso: 18 04 2020].

- [30] «Universidad de Alcalá,» [En línea]. Available: <https://www.master-finanzas-cuantitativas.com/que-es-riesgo-credito/>. [Último acceso: 18 04 2020].
- [31] S. Pedrosa, «Economipedia,» [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/riesgo-de-mercado.html>. [Último acceso: 18 04 2020].
- [32] «SSAS,» [En línea]. Available: https://www.sas.com/es_co/insights/risk-management/liquidity-risk.html. [Último acceso: 18 04 2020].
- [33] «Serenity Markets,» 06 04 2018. [En línea]. Available: <https://serenitymarkets.com/todos-los-comentarios/intradia/destacado-en-intradia/situacion-de-mercados-el-riesgo-de-cola-un-concepto-a-conocer-si-se-invierte-en-bolsa/>. [Último acceso: 18 04 2020].
- [34] F. J. Marco, «Economipedia,» [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/curtosis.html>. [Último acceso: 19 04 2020].
- [35] A. H. Gorrin, «Economía Tic,» [En línea]. Available: <https://economytic.com/fluctuacion-economica-ciclo-economico/>. [Último acceso: 19 04 2020].
- [36] S. N. R. C. C. Leonel Arias Montoya, «Universidad Tecnológica de Pereira,» 12 2006. [En línea]. Available: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6311/3489>. [Último acceso: 20 03 2019].

- [37] J. C. A. Bustos, «Javeriana,» 29 08 2005. [En línea]. Available: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis01.pdf>. [Último acceso: 19 03 2019].
- [38] J. J. Muñoz, «Universidad Eafit,» 20 01 2014. [En línea]. Available: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2968/DanielTorres_JoseMu%C3%B1oz_2014.pdf;sequence=1. [Último acceso: 20 03 2019].
- [39] M. H. H. Jose Dario Diaz Moreno, «Universidad Tecnologia de Pereira,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7292/658155D542.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [40] G. A. G. Jorge Mario Valencia Monsalve, «Universidad de Medellin,» 2014. [En línea]. Available: <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/413/Dise%C3%B1o%20de%20un%20portafolio%20de%20inversi%C3%B3n%20de%20renta%20variable%20con%20instrumentos%20financieros%20colombianos%20bajo%20la%20metodolog%C3%ADa%20de%20cartera%20eficiente%20de%20Ha>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [41] D. R. Catalina Perez, «Eafit,» 2013. [En línea]. Available: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11952/Catalina_P%C3%A9rez_Maya_DavidAlejandro_RamirezRestrepo_2013.pdf?sequence=2. [Último acceso: 20 03 2019].

- [42] C. A. Johnson, «Banco Central de Chile,» 03 2000. [En línea]. Available: <http://si2.bcentral.cl/public/pdf/documentos-trabajo/pdf/dtbc67.pdf>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [43] M. Z. Berendsohn, «Biblioteca Virtual de Recursos para la investigación Económica,» 07 2003. [En línea]. Available: <http://www.bvrie.gub.uy/local/File/JAE/2003/iees03j3250803.pdf>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [44] A. D. Caceres, «Universidad de Chile,» 06 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116567/D%C3%ADaz%20C.%20%20Alejandra.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [45] O. B. Luis Melo, «Banco de la República,» 05 2005. [En línea]. Available: <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra343.pdf>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [46] J. C. Alonso, «Universidad Icesi,» 07 2005. [En línea]. Available: http://www.icesi.edu.co/departamentos/images/departamentos/FCAE/economia/apunt esEconomia/introduccion_al_calculo_del_valor_en_riesgo.pdf. [Último acceso: 21 03 2019].
- [47] J. J. Salinas, «Universidad Nacional de Colombia,» 2009. [En línea]. Available: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/21641/34906>. [Último acceso: 20 03 2019].
- [48] M. A. S. Jose Mayorga, «Universidad Libre,» 16 09 2017. [En línea]. Available: <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/51D.pdf>. [Último acceso: 15 12 2019].

- [49] A. R. Heres, «Universidad de Valencia,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.uv.es/bfc/TFM2017/13%20Ana%20Regina%20Heres%20%20car%20.pdf>. [Último acceso: 21 12 2019].

Apéndices

A continuación, se adjuntan los diferentes cálculos realizados para el desarrollo del trabajo.

Apéndice A. Simulación de la Metodología Histórica
Véase en fuente externa adjunto de Excel.

Apéndice B. Simulación Metodología Monte Carlo
Véase en fuente externa adjunto de Excel.

Apéndice C. Comparación de Metodologías
Véase en fuente externa adjunto de Excel.