



**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO  
ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023**

**Nombres**

**JOHN CARLOS GUERRA CORDERO**

**LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES Y ECONÓMICAS**

**AGUACHICA – CESAR**

**2023**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO  
ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023**

**Nombres**

**JOHN CARLOS GUERRA CORDERO**

**LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Economista**

**Asesor**

**LUIS HERNANDO RESTREPO SIERRA**

**Coasesor**

**GENJIS ALBERTO OSSA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, CONTABLES Y ECONÓMICAS**

**AGUACHICA – CESAR**

**2023**

## **Dedicatoria**

A mi padre (QEPD). Aunque ya no estás físicamente a mi lado, siento tu presencia y tu orgullo desde el cielo. Gracias por inspirarme a alcanzar la excelencia y por sembrar en mí la semilla de la perseverancia.

Querida Mamá, tu apoyo incondicional ha sido mi roca durante este viaje. Siempre creíste en mí más de lo que yo mismo lo hice a veces. Tu amor y tus palabras de aliento han sido la fuerza que me impulsó a seguir adelante en los momentos más difíciles.

Mis adoradas hijas, ustedes son mi mayor motivación y la razón por la cual nunca me di por vencido. Cada día trabajé duro para construir un futuro mejor para ustedes, lleno de oportunidades y ejemplos de superación. Este logro es también de ustedes, mis amores, porque ustedes son mi inspiración constante.

A todos ustedes, gracias por ser mi fuente de fuerza, esperanza y amor incondicional a lo largo de este camino.

John Carlos Guerra Cordero

A mi Madre.

Nelly Hernández. Gracias por ser el apoyo incondicional con el que siempre he podido contar, eres y siempre serás esa persona la cual daré toda mi admiración. Siempre estaré muy agradecido por tu valiosa dedicación. El amor que demuestras a tus hijos son el reflejo de lo que hoy somos y hemos alcanzado.

A mi hija Dulce María, quien hoy hace parte de mi vida y a quien hoy se ha convertido en mi motor y motivación. Agradezco hija que estés conmigo ya que de mi parte prometo darte lo mejor, darte un futuro lleno de afecto, amor, comprensión, cariño y mi apoyo incondicional.

A mi compañera de vida, quien se ha convertido también en un apoyo fundamental en todo mi proceso, solo puedo darte gracias por todo y gracias por contar contigo en todos estos momentos de mi vida.

Luis Miguel Gómez Hernández

## **Reconocimientos.**

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento al Mag. Luis Hernando Restrepo Sierra por su invaluable orientación y apoyo durante todo el proceso de desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para alcanzar nuestros objetivos académicos y profesionales.

Agradecemos especialmente a nuestro amigo y colega José Luis Pabón Bautista por su destacada contribución, la cual fue crucial para la implementación exitosa de nuestro trabajo de investigación.

El estudiante Luis Miguel Gómez Hernández desea hacer un reconocimiento especial a la Ingeniera Dayana Kalile Miranda Bautista por su constante motivación y apoyo durante esta etapa académica. Sus palabras alentadoras fueron un estímulo fundamental para perseverar en la realización de este proyecto.

Nota De Aceptación



Firma del evaluador temático  
Juan Andrés Guerrero

Firma del evaluador metodológico  
Dina Luz Jiménez Lobo

28 de junio de 2024

## Tabla de contenido

### Contenido

Introducción.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA. ....	19
OBJETIVOS.....	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos.....	20
JUSTIFICACIÓN .....	21
DELIMITACIÓN .....	22
CUADRO DE VARIABLES .....	24
CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL .....	26
Antecedentes .....	26
Antecedentes de Orden Internacional.....	27
Antecedentes de orden nacional .....	32
Antecedentes del orden regional .....	35
Marco Teórico .....	37
Estructura de Los Mercados Financieros .....	38
Modelo de Markowitz.....	40
Modelo de Valoración de Activos de Capital .....	44
Línea de Mercado de Capitales (Capital Market Line, CML).....	45
Ratio de Treynor .....	47
Sharpe Ratio .....	48
Marco Conceptual.....	53
Rentabilidad esperada .....	53
Riesgo.....	54
Frontera eficiente .....	54
Portafolio de inversión.....	54
Diversificación .....	55
Beta .....	55
Correlación .....	55
Sharpe Ratio .....	56
Tasa libre de riesgo .....	56

Retorno .....	56
Marco Legal.....	56
Aspectos Legales de la Formación de Portafolios de Inversión en Colombia.....	56
Consideraciones Clave en la Gestión del Riesgo para la Formación de Portafolios .....	58
Instituciones Autorizadas para Ofrecer Portafolios de Inversión en Colombia.....	59
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA .....	60
Tipo De Investigación.....	60
Enfoque.....	60
Alcance.....	60
Diseño de Investigación. ....	61
Área de Localización de Estudio.....	62
Población y Muestra. ....	62
Fuentes de Información.....	63
Fuentes Secundarias. ....	63
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	64
Objetivo.....	64
Fuente de Datos.....	64
Método de Recolección .....	64
Descarga de Datos .....	64
Frecuencia de Recolección.....	65
Herramientas y Técnicas.....	65
Análisis de Datos .....	65
Procedimiento.....	65
Obtención de los datos .....	65
Selección de los activos.....	66
Construir la matriz de Covarianzas .....	66
Modelo de Markowitz.....	67
Número óptimo de portafolios .....	69
Simulación Montecarlo .....	70
Optimizador de SciPy .....	70
Consideraciones Éticas.....	71
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS .....	72
Identificación de las Acciones con Mejor desempeño de Bursatilidad .....	72

Composición del COLCAP:.....	73
Cálculo de los Rendimientos:.....	75
Estimación de la Desviación Estándar:.....	75
Coeficiente de Variación: .....	75
Beta de los activos: .....	76
Alfa de los Activos .....	76
Riesgo Sistemático .....	76
Riesgo no Sistemático .....	76
Índice de Sharpe e Índice de Treynor .....	77
Selección de activos para la aplicación de modelo de Markowitz.....	77
Escenario 1 - Antes del COVID-19 (2015-2019) .....	78
Escenario 2 - Durante el COVID (2020): .....	94
Escenario 3 - Post-COVID (2021-2023): .....	104
APLICACIÓN DEL MODELO DE MARKOWITZ.....	116
Modelo de Markowitz para el Escenario 1 - Antes del COVID-19 (2015-2019).....	117
Dataframe con los rendimientos diarios de las Acciones de Interés.....	117
Matriz de Correlación. ....	118
Matriz de Covarianza. ....	121
DataFrame de las Acciones Seleccionadas con los Precios Diarios. ....	123
Conformación de la cartera. ....	123
Simulación MONTE CARLO.....	126
Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.....	127
Portafolios eficientes. ....	128
Curva de la Frontera Eficiente.....	130
Línea de Capital Eficiente.....	131
Resumen: Modelo de Markowitz y Resultados de Optimización de Rendimientos.....	131
Modelo de Markowitz para el portafolio del Escenario 2 COVID-19 (2020). ....	132
DataFrame con los rendimientos diarios de las Acciones de Interés. ....	132
Matriz de Correlación. ....	133
Matriz de Covarianza. ....	134
DataFrame de las Acciones Seleccionadas con los Precios Diarios. ....	135
Conformación de la cartera. ....	135
Simulación MONTE CARLO.....	136

Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.....	137
Portafolios eficientes. ....	139
Curva de la Frontera Eficiente.....	140
Línea de Capital Eficiente.....	141
Resumen de Resultados - Escenario 2 (COVID-19 - 2020) - Modelo de Markowitz y Cartera Óptima: .....	141
Modelo de Markowitz para el portafolio del Escenario 3 - Después del COVID-19 (2021-2023). ....	142
DataFrame con los rendimientos diarios de las Acciones de Interés. ....	142
Matriz de Correlación. ....	143
Matriz de Covarianza. ....	144
DataFrame de las Acciones Seleccionadas con los Precios Diarios. ....	145
Conformación de la cartera. ....	146
Simulación MONTE CARLO.....	147
Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.....	148
Portafolios eficientes. ....	149
Curva de la Frontera Eficiente.....	151
Línea de Capital Eficiente.....	152
Resumen de Resultados - Escenario 3 - Después del COVID-19 (2021-2023) - Modelo de Markowitz y Cartera Óptima:.....	152
Análisis Comparativo de los Escenarios .....	153
Consideraciones Finales:.....	154
EXPLICAR EL IMPACTO DE LA PANDEMIA. ....	155
Antes del COVID-19 (Escenario 1):.....	157
Durante el COVID-19 (Escenario 2):.....	157
Después del COVID-19 (Escenario 3): .....	158
Conexión entre los Movimientos del COLCAP y la Cartera del Modelo de Markowitz: .....	158
Factores Clave que Influenciaron la Conexión:.....	159
Consideraciones Finales:.....	159
Conclusiones .....	160
Recomendaciones.....	161
REFERENCIAS:.....	163
Anexos.....	168

## Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de Congruencia.....	24
Tabla 2 Relación de Activos que Conforman el Índice COLCAP.....	74
Tabla 3 Portafolio de Markowitz Escenario 1 .....	125
Tabla 4 Portafolio de Markowitz Escenario 2 .....	136
Tabla 5 Portafolio de Markowitz Escenario 3. ....	146
Tabla 6 Cuadro comparativo de Escenarios.....	153

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Línea de Mercado de Capitales.....	45
Ilustración 2 Matriz de Precios Escenario 1 Antes de Pandemia 2015-2019.....	78
Ilustración 3 Código de Programación de Python para el cálculo de los rendimientos. ....	79
Ilustración 4 Matriz de Rendimientos Diarios COLCAP y Activos 2015-2019.....	80
Ilustración 5 Código de Programación de Python para el cálculo de los rendimientos anuales. ....	80
Ilustración 6 Matriz de Rendimientos Anualizados. ....	81
Ilustración 7 Código de Programación de Python para el cálculo de la Desviación Estándar.....	82
Ilustración 8 Código de Programación de Python para el cálculo de la Desviación Estándar Anualizada. ....	82
Ilustración 9 Matriz de desviaciones estándar Anualizadas.....	83
Ilustración 10 Código de Programación de Python para el cálculo del Coeficiente de Variación.....	84
Ilustración 11 Matriz de Coeficientes de Variación.....	84
Ilustración 12 Código de Programación de Python para el Cálculo del Beta del COLCAP y de los Activos. ....	85
Ilustración 13 Matriz de los coeficientes Beta. ....	86
Ilustración 14 Código de Programación de Python para el Cálculo del coeficiente Alfa del COLCAP y de los Activos. ....	87
Ilustración 15 Matriz de Coeficientes Alfa par ale COLCAP y los Activos.....	87
Ilustración 16 Código de programación de Python para calcular el Riesgo Sistemático.....	88
Ilustración 17 Matriz de Riesgo Sistemático. ....	89
Ilustración 18 Código de programación de Python para calcular el Riesgo no Sistemático.....	89
Ilustración 19 Matriz de Riesgo no Sistemático. ....	90
Ilustración 20 Código de programación de Python para calcular el Índice de Sharpe y el Índice de Treynor.....	91
Ilustración 21 Matriz de Valores para los índices de Sharpe y Treynor. ....	92
Ilustración 22 Matriz de Activos con Índices de Sharpe y Treynor mayores a cero.....	93
Ilustración 23 Matriz de Precios Escenario 2 Pandemia 2020. ....	94
Ilustración 24 Matriz de Rendimientos Diarios COLCAP y Activos 2020. ....	95
Ilustración 25 Matriz de Rendimientos Anualizados Escenario 2. ....	96
Ilustración 26 Matriz de desviaciones estándar Anualizadas Escenario 2. ....	97
Ilustración 27 Matriz de Coeficientes de Variación Escenario 2. ....	98
Ilustración 28 Matriz de los coeficientes Beta Escenario 2. ....	99
Ilustración 29 Matriz de Coeficientes Alfa par ale COLCAP y los Activos Escenario 2.....	100
Ilustración 30 Matriz de Riesgo Sistemático Escenario 2.....	101
Ilustración 31 Matriz de Riesgo no Sistemático Escenario 2.....	102
Ilustración 32 Matriz de Valores para los índices de Sharpe y Treynor. Escenario 2. ....	103
Ilustración 33 Matriz de Activos con Índices de Sharpe y Treynor mayores a cero. Escenario 2.....	104
Ilustración 34 Matriz de Precios Escenario 3 Después de Pandemia 2021-2023. ....	105

Ilustración 35 Matriz de Rendimientos Diarios COLCAP y Activos 2021-2023.....	106
Ilustración 36 Matriz de Rendimientos Anualizados. Escenario 3. ....	107
Ilustración 37 Matriz de desviaciones estándar Anualizadas. Escenario 3. ....	108
Ilustración 38 Matriz de Coeficientes de Variación. Escenario 3. ....	109
Ilustración 39 Matriz de los coeficientes Beta. Escenario 3. ....	110
Ilustración 40 Matriz de Coeficientes Alfa par ale COLCAP y los Activos. Escenario 3. ....	111
Ilustración 41 Matriz de Riesgo Sistemático. Escenario 3.....	112
Ilustración 42 Matriz de Riesgo no Sistemático. Escenario 3.....	113
Ilustración 43 Matriz de Valores para los índices de Sharpe y Treynor. Escenario 3. ....	114
Ilustración 44 Matriz de Activos con Índices de Sharpe y Treynor mayores a cero. Escenario 3.....	115
Ilustración 45 Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 1.....	118
Ilustración 46 Código de programación de Python para calcular la matriz de correlación.....	118
Ilustración 47 Código de programación de Python para graficar la matriz de correlación.....	119
Ilustración 48 Matriz de Correlación Escenario 1.....	120
Ilustración 49 Código de programación de Python para calcular la matriz de covarianza. ....	121
Ilustración 50 Código de programación de Python para graficar la matriz de covarianza. ....	121
Ilustración 51 Matriz de Covarianza Escenario 1. ....	122
Ilustración 52 Matriz de Precios. Activos seleccionados. Escenario 1. ....	123
Ilustración 53 Código de programación de Python para asignar pesos aleatorios a cada activo en la cartera.....	123
Ilustración 54 Código de programación de Python para calcular el retorno esperado de la cartera. ....	124
Ilustración 55 Código de programación de Python para calcular la varianza del portafolio. ....	124
Ilustración 56 Código de programación de Python para calcular el Sharpe del portafolio.....	125
Ilustración 57 Distribución optima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 1. ....	126
Ilustración 58 Distribución optima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 1. ....	126
Ilustración 59 Portafolio optimo usando Simulación Montecarlo. ....	127
Ilustración 60 Portafolio Optimo usando el Optimizador SciPy.....	128
Ilustración 61 Portafolio optimo usando el optimizador SciPy. ....	128
Ilustración 62 Número óptimo de Portafolios eficientes para el modelo de Markowitz. Escenario 1. ....	129
Ilustración 63 Gráfica de la Curva de frontera eficiente. ....	130
Ilustración 64 Línea de Capital Eficiente (CML) ....	131
Ilustración 65 Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 1 Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 2. ....	132
Ilustración 66 Matriz de Correlación Escenario 2.....	133
Ilustración 67 Matriz de Covarianza Escenario 2. ....	134
Ilustración 68 Matriz de Precios. Activos seleccionados. Escenario 2. ....	135
Ilustración 69 Distribución optima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 2. ....	137
Ilustración 70 Portafolio optimo usando Simulación Montecarlo. ....	137
Ilustración 71 Distribución optima de la cartera usando el Optimizador SciPy ....	138
Ilustración 72 Portafolio optimo usando el optimizador SciPy. ....	138
Ilustración 73 Número óptimo de Portafolios eficientes para el modelo de Markowitz. Escenario 2. ....	139
Ilustración 74 Gráfica de la Curva de frontera eficiente. ....	140
Ilustración 75 Línea de Capital Eficiente (CML) ....	141
Ilustración 76 Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 3.....	143
Ilustración 77 Matriz de Correlación Escenario 3.....	144
Ilustración 78 Matriz de Covarianza Escenario 3. ....	145
Ilustración 79 Matriz de Precios. Activos seleccionados. Escenario 3. ....	145

Ilustración 80 Distribución óptima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 3. ....	147
Ilustración 81 Portafolio óptimo usando Simulación Montecarlo. ....	148
Ilustración 82 Distribución óptima de la cartera usando el Optimizador SciPy. ....	148
Ilustración 83 Portafolio óptimo usando el optimizador SciPy. ....	149
Ilustración 84 Número óptimo de Portafolios eficientes para el modelo de Markowitz. Escenario 3. ....	150
Ilustración 85 Gráfica de la Curva de frontera eficiente. ....	151
Ilustración 86 Línea de Capital Eficiente (CML) ....	152

## Apéndice

Apéndice 1 Eliminación de columnas y cálculo de rendimientos diarios.....	168
Apéndice 2 Cálculo del rendimiento anualizado y la desviación estándar anualizada .....	169
Apéndice 3 Cálculo del coeficiente de variación.....	169
Apéndice 4 Cálculo de Beta (pendiente) y Alfa (intersección) mediante regresión lineal .....	170
Apéndice 5 Cálculo del riesgo sistemático y no sistemático. ....	171
Apéndice 6 Cálculo de índices de Sharpe y Treynor. ....	172
Apéndice 7 Visualización y análisis del portafolio.....	173
Apéndice 8 Matrices de correlación y covarianza .....	173
Apéndice 9 Cálculo de la frontera eficiente y optimización del portafolio .....	174
Apéndice 10 Simulación de Monte Carlo .....	175
Apéndice 11 Visualización de la frontera eficiente .....	176
Apéndice 12 Cálculo de la Línea de Capital del Mercado (CML).....	177
<i>Apéndice 13 Registro en CvLac Asesor.....</i>	<i>177</i>
<i>Apéndice 14 Registro en CvLac Coasesor.....</i>	<i>178</i>
<i>Apéndice 15 Registro en CvLac Estudiante 1 .....</i>	<i>179</i>
<i>Apéndice 16 Registro en CvLac Proyecto Estudiante 1 .....</i>	<i>180</i>
<i>Apéndice 17 Registro en CvLac Estudiante 2 .....</i>	<i>181</i>
<i>Apéndice 18 Registro en CvLac Proyecto Estudiante 2 .....</i>	<i>182</i>
<i>Apéndice 19 Carta de cesión de derechos de autor.....</i>	<i>183</i>
<i>Apéndice 20 Informe de Turnitin.....</i>	<i>184</i>

## **Resumen ejecutivo**

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del mercado accionario colombiano, específicamente la cartera del índice COLCAP y cómo este ha sido influenciado por los efectos del COVID-19 en la economía. Para esto, se utilizó una metodología cuantitativa en la que se aplicó el modelo de media varianza de Markowitz para la selección de portafolios eficientes y se evaluó el desempeño de los activos antes, durante y después de la pandemia. Para aplicar la modelación de la teoría de portafolios se utilizó el lenguaje de programación de Python con el fin de obtener métricas precisas en cada simulación. El propósito de aplicar la teoría de portafolios en este estudio, era identificar posibles cambios en variables como la rentabilidad y el riesgo de los portafolios, así como en el desempeño de los mismos a través del índice de Sharpe. A partir de los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el Covid-19 tuvo un impacto negativo sobre el mercado accionario colombiano aumentando la volatilidad del mercado, la bursatilidad de los activos y afectando la rentabilidad de las carteras.

**Palabras claves:** Volatilidad, Rendimiento, Bursatilidad, Covid-19, Índice de Treynor, Índice de Sharpe.

## **Abstract**

The objective of this paper is to analyze the behavior of the Colombian stock market, specifically the portfolio of the COLCAP index and how it has been influenced by the effects of COVID-19 in the economy. For this, a quantitative methodology was used in which the Markowitz mean variance model was applied for the selection of efficient portfolios and the performance of assets was evaluated before, during and after the pandemic. To apply portfolio theory modeling, Python's programming language was used to obtain accurate metrics in each simulation. The purpose of applying portfolio theory in this study was to identify possible changes in variables such as portfolio profitability and risk, as well as portfolio performance through the Sharpe index. Based on the results obtained, it was concluded that Covid-19 had a negative impact on the Colombian stock market, increasing the volatility of the market, the security of the assets and affecting the profitability of the portfolios.

**Keywords:** Volatility, Yield, Liquidity, Covid-19, Treynor Index, Sharpe Inde.

## Introducción

El COVID-19 ha tenido un impacto sin precedentes en los mercados de capitales a nivel mundial, la volatilidad de los mercados entre marzo y abril del año 2020 sobrepasó los límites de volatilidades negativas de crisis previas (Blake & Wadhwa, 2024). Diferentes estudios académicos demuestran que existe una relación directa entre los periodos de crisis y la volatilidad de los mercados financieros (Banchit, Abidin, & Wu, 2015).

La crisis generada por la pandemia del Covid-19 impactó significativamente los mercados financieros a nivel mundial y la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) no fue la excepción. La incertidumbre causada por la pandemia ocasionó una alta volatilidad en los mercados financieros, con bruscas fluctuaciones en los precios de los activos, un incremento en el riesgo percibido por los inversionistas, impactando la toma de decisiones de inversión y la valoración de activos financieros, así mismo, la relación entre riesgo y rendimiento en los mercados financieros experimentó cambios, con coeficientes de variación que cambiaron de positivos a negativos en algunos casos (Álvarez, 2021).

En resumen, la crisis del Covid-19 ha generado una serie de desafíos y cambios en los mercados financieros, afectando la valoración de activos, la percepción del riesgo, la volatilidad y la toma de decisiones de inversión tanto a nivel nacional como internacional. Esta situación es lo que motiva el desarrollo de esta investigación y motiva al equipo investigador a indagar acerca de los efectos que la pandemia del Covid-19 tuvo sobre el mercado accionario en Colombia especialmente sobre los activos de renta variable que componen la cartera del índice COLCAP.

Según Albarracín & Bojanini (2021) el entendimiento del mercado accionario de un país es uno de los factores que ayuda a determinar el crecimiento y desempeño económico del

mismo; en este sentido, el desarrollo del presente documento se fundamenta en la comprensión de los posibles efectos que la crisis generada por la pandemia ocasionó sobre el mercado accionario colombiano. A través de la aplicación del modelo de Markowitz los investigadores pretenden entender el impacto generado por la pandemia analizando las variaciones de la relación entre rentabilidad y riesgo de un portafolio de acciones conformado por los activos del índice COLCAP en tres escenarios distintos, antes, durante y posterior a la pandemia.

De acuerdo con lo anterior, el primer paso será identificar en cada escenario el conjunto de acciones con mejor desempeño bursátil utilizando como criterio de selección aquellos activos que después de la parametrización estadística y la aplicación de métodos financieros generalmente aceptados cumplan con los estándares según el índice de Sharpe y el índice de Treynor. Posteriormente se usará el lenguaje de programación de Python para simular portafolios óptimos de inversión en cada escenario y con el propósito de ampliar el análisis se usarán tres métodos de optimización: Las métricas del modelo de Markowitz traducidas al lenguaje de Python, una simulación Montecarlo y el optimizador SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.

Finalmente se analizarán los resultados con especial atención en los cambios sobre la rentabilidad y el riesgo de los portafolios, las variaciones en la curva de la frontera eficiente y la línea de mercado de capitales, así como, las variaciones en el índice de Sharpe para cada portafolio de inversión. El objetivo general del documento es entonces identificar cual ha sido el impacto generado por la pandemia del Covid-19 sobre el mercado accionario en Colombia, principalmente sobre las acciones del índice COLCAP para lograr comprender si la volatilidad que acompaña los periodos de crisis tuvo o no consecuencias negativas sobre el mercado financiero colombiano.

## CAPÍTULO 1. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La existencia de los mercados financieros se remonta a tiempos antiguos y hoy en día se encuentran en prácticamente todas las naciones del mundo. Algunos de estos mercados son grandes y desarrollados debido a la participación de numerosos actores, mientras que otros son más pequeños y menos líquidos. A lo largo de la historia, se han producido diversas crisis que han afectado la estabilidad de los mercados financieros, algunas limitadas a un solo país y otras con un impacto global. Estas crisis, comúnmente denominadas "Crash Bursátiles," se caracterizan por provocar ventas masivas de activos y una marcada caída en los precios.

Las causas subyacentes a estos pánicos financieros a menudo incluyen una alta especulación en los mercados, la falta o el incumplimiento de regulaciones, políticas económicas erróneas, falta de liquidez y el incumplimiento de obligaciones por parte de individuos y gobiernos. Algunos de los Crash más notorios de la historia financiera incluyen el "Crash de 1929" durante la Gran Depresión, el "Lunes Negro" de 1987, la crisis asiática de 1997 y la "Corrección China" de 2007, entre otros (Prynn et al, 2020).

Sin embargo, el contexto actual se centra en la crisis generada por la pandemia del COVID-19. A principios de 2020, esta epidemia tuvo un impacto devastador en la economía global. Se observaron efectos negativos en diversos sectores, lo que llevó a una alteración significativa en la toma de decisiones políticas y afectó a nivel social y emocional a las personas en todo el mundo. El pánico generado por el COVID-19 tuvo un impacto especialmente fuerte en los mercados financieros, con una marcada caída en los activos e índices bursátiles. El 9 de marzo de 2020, conocido como el "Black Monday," se registró una de las mayores caídas en la historia, afectando a Wall Street, donde el Dow Jones cayó un 7,79%. (Prynn et al, 2020)

Este impacto no fue exclusivo de Estados Unidos; los principales índices bursátiles en Asia, Europa y América Latina también experimentaron fuertes caídas. En el caso de Colombia, la bolsa de valores suspendió sus actividades durante un período debido al colapso de los precios del petróleo y al aumento del valor del dólar, lo que llevó a un máximo histórico. (Cepal, 1998).

La pandemia del COVID-19 generó volatilidad en los mercados y planteó un problema de incertidumbre en la toma de decisiones de inversión. A diferencia de crisis anteriores, esta situación no encaja en los modelos tradicionales de predicción, dado que cambió significativamente la dinámica de los mercados. Esto a su vez puede tener un impacto en la fuga de capitales y en la calificación de riesgo país de Colombia, una hipótesis que queremos comprobar a través de un análisis detallado de los flujos de inversión antes, durante y después de la pandemia (Carrasco, 2020).

En este contexto, el problema abordado en esta investigación se enfoca en analizar el impacto de la pandemia en el mercado de acciones de la bolsa de valores de Colombia. Se busca comprender las implicaciones asociadas con la fuga de capitales, la vulnerabilidad del mercado bursátil colombiano y sus efectos en la economía del país. Esto se hace necesario para evaluar la situación antes, durante y después de la crisis y comprender su influencia en el rendimiento del mercado de renta variable en Colombia en el período de 2015-2023.

### **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál ha sido el impacto de la pandemia del COVID-19 sobre el mercado accionario en la bolsa de valores de Colombia para el periodo comprendido entre los años 2015-2023?

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

Analizar el impacto de la pandemia del COVID-19 sobre el mercado accionario en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 - 2023 aplicando el modelo de Markowitz.

### ***Objetivos Específicos***

1. Identificar las acciones con mayor desempeño de bursatilidad en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 – 2023 según procedimientos técnicos generalmente aceptados.
2. Aplicar el modelo de Markowitz para las acciones con mayor índice de bursatilidad en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 - 2023.
3. Explicar el impacto de la pandemia del COVID-19 sobre el mercado accionario en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 – 2023

## JUSTIFICACIÓN

La justificación de la investigación titulada "Impacto de la Pandemia del COVID-19 en el Mercado Accionario de la Bolsa de Valores de Colombia (2015-2023)" se puede estructurar de la siguiente manera:

De acuerdo con Ramos (2022) la pandemia del COVID-19 ha sido un evento global sin precedentes que ha afectado de manera significativa a los mercados financieros en todo el mundo; en el caso de Colombia, influyó notablemente en el comportamiento de las acciones financieras del país, especialmente durante el primer trimestre de 2020. Por otro lado, Ruiz (2021) indicó que la bolsa de valores de Colombia tuvo una reducción significativa del 45% en el valor de sus acciones en el año 2022.

Dada la importancia de la bolsa de valores en Colombia como un componente fundamental del sistema financiero del país, es crucial comprender cómo este evento ha influido en el mercado accionario en el periodo de 2015-2021. La aplicación del modelo de Markowitz en esta investigación se basa en teorías financieras establecidas que relacionan la diversificación de cartera y la gestión de riesgos con la toma de decisiones de inversión. Este enfoque teórico respalda la relevancia de la investigación en el campo financiero y económico (Jacquier, 2013).

La bolsa de valores desempeña un papel fundamental en la economía de Colombia, atrayendo inversores y fomentando la inversión. Comprender cómo la pandemia afectó a este mercado es crucial para los inversores, las empresas y las autoridades económicas, ya que proporcionará información valiosa para la toma de decisiones de inversión y la formulación de políticas. La investigación podría ayudar a los inversores a gestionar sus carteras de acciones y a tomar decisiones informadas sobre cómo reaccionar a situaciones similares en el futuro (Pérez & Gómez 2021).

La aplicación del modelo de Markowitz y otros procedimientos técnicos aceptados para identificar las acciones con mayor índice de bursatilidad respalda la metodología de la investigación. Esto garantiza que los resultados sean rigurosos y científicamente fundamentados. La investigación también tiene un valor metodológico, ya que desarrollará un enfoque para medir y analizar el impacto de la pandemia en el mercado accionario de Colombia, lo que podría ser útil en futuros estudios y en otros contextos financieros (Pérez & Gómez, 2021).

El mercado de acciones es un barómetro clave de la salud económica de un país. El COVID-19 ha tenido efectos profundos en la economía global, y comprender cómo ha afectado específicamente al mercado de acciones proporciona información crucial sobre la resiliencia y la recuperación económica, estudiar el impacto del COVID-19 en el mercado de acciones es relevante socialmente porque proporciona información crucial para una amplia gama de actores, desde inversores individuales hasta responsables políticos y reguladores financieros, y puede influir en decisiones financieras, económicas y políticas a largo plazo (Baker, et al. 2020).

## **DELIMITACIÓN**

La presente investigación se llevará a cabo en el municipio de Aguachica y se extenderá a lo largo de un periodo de nueve (09) años, abarcando desde enero de 2015 hasta diciembre de 2023. Este marco temporal se ha seleccionado estratégicamente para permitir una delimitación precisa en la recolección, tabulación y análisis de los datos relacionados con los precios de cierre de las acciones en el mercado accionario.

El objetivo primordial de este estudio es evaluar y comprender de manera detallada el impacto que la pandemia del COVID-19 ha tenido en el mercado accionario durante el periodo de investigación, lo que se traducirá en la formulación de conclusiones que arrojarán luz sobre este fenómeno. La elección de Colombia (Bolsa de Valores de Colombia) como el sitio de

investigación proporcionará una perspectiva localizada que contribuirá a un análisis más específico y concreto de la situación financiera en este mercado de valores en el contexto de la pandemia. Este marco temporal y geográfico permite un enfoque preciso y acotado que facilitará la consecución de los objetivos de la investigación.

Las bases teóricas sobre las cuales se sustentan el tema de investigación se encuentran fundamentadas principalmente en los postulados de Harry Max Markowitz sobre la selección eficiente de portafolios de inversión y la diversificación de carteras, la cual es ampliamente descrita en su artículo “Portafolio Selection: Efficient Diversification of Investments” publicado por el diario “The Journal of Finance en 1952” (Markowitz, H. 1952).

Además de los aportes de Markowitz, cuya obra sentó las bases de la teoría de portafolios, los argumentos teóricos de esta investigación se complementan con los postulados de William F. Sharpe “*Mutual fund performance*” quien ha realizado importantes contribuciones en el campo de las finanzas, incluida la elaboración de la teoría del índice de Sharpe, que ayuda a los inversores a evaluar el rendimiento ajustado al riesgo de una inversión (Sharpe, W. F.1966). Jack Treynor “*How to rate management of investment funds*” desarrolló el Índice de Treynor el cuál es interpretado como una medida del rendimiento ajustado al riesgo de una inversión y es conocido por su trabajo en el desarrollo del Modelo de valoración de activos (Treynor, 1965).

Finalmente, los aspectos conceptuales sobre los mercados financieros presentes en la investigación estarán sustentados en los aportes de Miguel Ángel Martín Mato y su obra “Mercado de capitales: una perspectiva global” en el cuál, el autor ofrece una visión general del mercado de capitales a partir de los diferentes aspectos que lo componen, incluyendo su funcionamiento, los principales instrumentos financieros, los participantes del mercado y las tendencias internacionales (Martin, 2011).

## CUADRO DE VARIABLES

Tabla 1

Matriz de Congruencia.

Objetivos específicos	Variables	Dimensiones	Indicadores	Dominio	
Identificar las acciones con mayor índice de bursatilidad en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 – 2023 según procedimientos técnicos generalmente aceptados.	Tasa Libre de Riesgo (TLR)	Activo libre de riesgo en Colombia	Rendimiento de los bonos de financiación del estado 2015-2045	Banco de la Republica de Colombia	
	Acciones con alta correlación con el índice COLCAP	Rendimiento histórico en comparación con el índice COLCAP.	Número de acciones que integran el índice.	Bolsa de valores de Colombia.	
			Coefficiente de correlación con el índice COLCAP.		
			Beta del activo con respecto al índice COLCAP.		Período de tiempo: 2015 - 2023
	Rendimiento anual			Rendimiento anual	Bolsa de valores de Colombia
				Volatilidad	
				Beta del activo	
				SHARPE	
				TRAYNOR	
	Precio de las Acciones	Rango de precios durante el período analizado.		Período de tiempo: 2015 – 2023	

Objetivos específicos	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Dominio
Aplicar el modelo de Markowitz para las acciones con mayor índice de bursatilidad en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 - 2023.	Varianzas y covarianzas	Correlación entre activos	Correlación positiva Correlación negativa.	Matriz de rendimientos diarios.
	Rentabilidad del portafolio	Rentabilidad vs Riesgo	Retorno esperado.	Antes, durante y después de la pandemia.
	Riesgo del portafolio	Volatilidad de los activos	Desviación típica de los retornos.	
	Sharpe del portafolio	Periodo de análisis.  Composición del portafolio	Línea de mercado de capitales	Portafolio de inversión.
	TLR	Activo libre de riesgo en Colombia	Rendimiento de los bonos de financiación del estado 2015-2045	Banco de la Republica de Colombia
Explicar el impacto de la pandemia del COVID-19 sobre el mercado accionario en la bolsa de valores de Colombia entre 2015 - 2023	Rentabilidad del portafolio.	Composición del portafolio.	Retorno del portafolio ex antes	Marco de la pandemia: ex antes, durante y ex post.
		Participación de la acciones	Retorno del portafolio durante	
			Retorno del portafolio ex post	
	Riesgo del portafolio	Composición del portafolio.	Riesgo del portafolio ex antes	
			Riesgo del portafolio durante	
		Participación de la acciones	Riesgo del portafolio ex post	
Comportamiento de los activos.	Flujo de acciones		Acciones presentes en el portafolio ex antes.	
			Acciones presentes en el portafolio durante.	
			Acciones presentes en el portafolio ex post.	

NOTA: En la tabla se describen las variables de análisis para cada objetivo específico, así como sus dimensiones, indicadores y dominios.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL

### Antecedentes

El estudio de los mercados financieros se enfoca principalmente en analizar los elementos que conducen a la eficiencia de los mismos; según Fama (1970) un mercado financiero alcanza la eficiencia “Cuando los precios de los activos e instrumentos que en él se transan reflejan el total de la información disponible, es decir, que se encuentran correctamente valorados según su relación rendimiento-riesgo” (Fama, 1970. p. 25).

Además de la eficiencia en términos de la formación de los precios de los activos a partir de información histórica, pública y privada; otra de las razones que motivan el estudio de los mercados financieros consiste en analizar su volatilidad, esta es una característica intrínseca de los mercados financieros y puede interpretarse como una medida de riesgo que puede ser estimada mediante el análisis estadístico de la variabilidad de los rendimientos de los activos en corto y largo plazo. Al respecto, Martín (2011) explica que los rendimientos de los activos se pueden centralizar en torno a una media en una serie de tiempo lo cual permite calcular su desviación estándar con respecto a la media obteniendo así la medida de volatilidad de los rendimientos (Martín, 2011. p 389).

De acuerdo con lo anterior, la volatilidad puede entenderse como una medida de riesgo simétrico que se equipara al concepto de incertidumbre en el sentido de que se pueda presentar una posible desviación de los resultados finales con respecto al resultado esperado (Martín, 2011). En circunstancias normales, los precios de los activos en un mercado financiero son bastante estables, sin embargo, en condiciones de incertidumbre, como la generada crisis del

covid-19, los precios pueden fluctuar de manera significativa aumentando la volatilidad del mercado (Raisin, 2020).

Este último contexto en el que se hace referencia a la incertidumbre generada en el año 2020 a raíz de la propagación de virus Covid-19 y por consiguiente el impacto generado sobre el mercado financiero colombiano es precisamente el objeto de estudio de esta investigación, la cual tiene como propósito analizar el impacto generado sobre el mercado accionario (Renta variable) tomando como referencia los activos que componen la canasta accionaria del índice COLCAP en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC); dicho impacto será medido en términos de la variabilidad entre rentabilidad y riesgo en los tres escenarios propuestos en el marco de la pandemia: ex antes, durante y ex post.

### ***Antecedentes de Orden Internacional***

De acuerdo con Romero (2020) la literatura es escasa con respecto a los impactos generados en los mercados financieros como consecuencia de una pandemia, debido a que son muy pocas las enfermedades endémicas que han hecho colapsar las economías de los países a lo largo de la historia, así como los estudios realizados que buscan medir sus impactos en campos diferentes al de la medicina (Romero, 2020. p. 4).

Respecto a estudios relacionados con el impacto de la pandemia de Covid-19 sobre los mercados financieros, específicamente sobre el mercado de renta variable, entre los textos hallados se encuentra el documento de trabajo elaborado por Andrés Sosa, de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República en Uruguay, denominado “Reporte sobre los mercados financieros en el actual contexto de la pandemia derivada de la enfermedad por COVID-19”. El objetivo de este documento es hacer un análisis descriptivo sobre las consecuencias más relevantes que tuvo la pandemia en los mercados

financieros internacionales y su incidencia sobre el mercado de cambio, el mercado de dinero y el mercado de valores en Uruguay (Sosa, 2020).

Según Sosa (2020), al realizar el análisis de la evolución de los principales mercados financieros en el contexto internacional se observó un alto nivel de volatilidad, evidenciando que, la incertidumbre se apoderó del sistema financiero global y al analizar la incidencia de este fenómeno en el caso de Uruguay se reflejó en el mercado de valores en una disminución generalizada de los precios de activos soberanos (Sosa, 2020).

En este mismo contexto, el artículo de investigación realizado por Santiago Llatas Marcos, denominado “Análisis del Impacto de la Pandemia Covid-19 en los Fondos de Inversión Americanos de Renta Variable”; en este, se hace una selección de los fondos de inversión con mayor y menor rentabilidad durante el año 2020 y se estudia la composición por sectores de las carteras de inversión y los flujos de capital netos experimentados por los fondos seleccionados durante dicho periodo con el fin de evidenciar cómo influyeron la diversificación sectorial de las carteras de inversión, las variaciones realizadas en dicho periodo y los flujos de capital netos en la rentabilidad obtenida (Llatas, 2021).

De acuerdo con Llatas (2021), los fondos de inversión que experimentaron el mayor impacto de la pandemia COVID-19 fueron aquellos que carecen de diversificación sectorial y focalizan las inversiones en uno o dos sectores de renta variable; por lo tanto, se concluye que, cuanto menor sea la diversificación sectorial en una cartera de inversión de renta variable, mayor será el impacto del COVID-19 en su rentabilidad. Posteriormente, el documento se refiere al comportamiento usual de los inversionistas ante un Crash bursátil explicando que lo más común es la retirada de capital, sin embargo, el estudio concluye que durante 2020 e independientemente de sus rendimientos, más del 65% de los fondos de inversión recibieron

entradas de capital, mostrando una gran resiliencia de los inversores a la fuerte crisis económica (Llatas, 2021).

Así mismo, el artículo publicado por Romero et al. (2021) en la revista Estudios Gerenciales de la Universidad ICESI, el cual lleva como título “COVID-19 y Causalidad en la Volatilidad del Mercado Accionario Chileno” en este documento se estudió la relación de causalidad en el sentido unidireccional de Granger, desde el índice (EMV-ID) Infectious Disease Equity Market Volatility Tracker (*Rastreador de Volatilidad del Mercado de Acciones por Enfermedades Infecciosas*) hacia la volatilidad del mercado accionario chileno la cual se calcula a partir del Índice de Precios Selectivo de Acciones (IPSA) (Romero et al. 2021).

Los resultados de la prueba de causalidad lineal de Granger, bajo la hipótesis nula de que el EMV-ID no causa el IPSA, utilizando el estadístico F de Fisher, fueron estadísticamente significativos utilizando un alfa de 1% (\*\*\*), 5% (\*\*) y 10% (\*); lo anterior indica que el EMV-ID contiene información útil para ayudar a predecir el comportamiento de la volatilidad del IPSA, en este sentido los autores concluyen que la incertidumbre transmitida a través de la volatilidad del índice EMV-ID tuvo un impacto en la volatilidad del índice de precios de las acciones en Chile (Romero et al. 2021)

Por otra parte, se encuentra el documento de trabajo número 78 de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV) de España, elaborado por Guillermo Cambroner & Ruiz (2022). denominado “Análisis del Comportamiento de los Inversores Minoristas en los Mercados Financieros Durante la Crisis del COVID-19”; en este documento se realiza un análisis de la evolución de las transacciones de los inversores minoristas en el mercado de renta variable en 2019 y 2020, con el propósito de identificar los posibles cambios a los que hubo lugar a raíz de la

crisis del COVID-19; y para lo cual utilizaron una muestra representativa de la negociación de los inversores minoristas que operan con acciones del Ibex 35 y del Ibex Growth Market 15 durante esos dos años.

Los resultados del estudio revelan un aumento significativo de la negociación en acciones del Ibex 35 por parte de los inversores minoristas a partir del inicio de la crisis, al principio en la vertiente compradora donde el volumen de compras se multiplicó por cuatro en marzo de 2020 y posteriormente en la vertiente vendedora; dicho aumento se originó a partir de la incorporación masiva de inversores nuevos al mercado en los momentos de mayores turbulencias (Cambroneró & Ruiz, 2022).

De acuerdo con Cambroneró & Ruiz (2022), esta tendencia del aumento de la negociación de los inversores minoristas durante la crisis también se evidenció en países como Francia y Bélgica; en España, en la primera etapa de la crisis se registraron incrementos significativos del volumen de negociación de acciones del Ibex 35. Los datos revelan que antes de la crisis, en 2019, las compras mensuales fueron de aproximadamente 1.000 millones de euros y las ventas, no superaban los 1.600 millones de euros; las transacciones aumentaron de forma notable en 2020, destacando los meses de marzo, junio y noviembre alcanzando un máximo volumen mensual de ventas en el mes de noviembre de 2.825 millones de euros momento en el cual el Ibex 35 repuntaba un 25 % con respecto al mes anterior (Cambroneró & Ruiz, 2022).

El documento concluye explicando la evolución del comportamiento inversor de los minoristas en los mercados de renta variable durante la crisis del COVID-19 revelando un fuerte incremento del número de operaciones y una incorporación extraordinaria de inversores en un entorno en el que las nuevas tecnologías facilitan de forma sustancial el acceso a los mercados (Cambroneró & Ruiz, 2022).

Por su parte, el trabajo realizado por Vieira (2022) quien hace parte del equipo de investigación de Refinitiv StarMine, denominado “Volatility and the Sharpe Ratio in the Equity Markets in the Covid-19 Era” (Volatilidad y el índice de Sharpe en los mercados de valores en la era Covid-19); este documento, revela los efectos del Covid-19 en el mercado de acciones, analizando específicamente la volatilidad y el índice de Sharpe. La investigación se basa en el análisis de los rendimientos de las acciones en los Estados Unidos y otras regiones geográficas entre el 31 de diciembre de 2019 y el 31 de diciembre de 2021 que es con exactitud el periodo en que el impacto de Covid-19 puede evaluarse completamente.

Según Vieira (2022), la anomalía de baja volatilidad no se observó durante este período de estudio por lo tanto, se deduce que la relación entre la volatilidad y los rendimientos a corto plazo es inversa, es decir, las acciones con la volatilidad más alta presentan los rendimientos más bajos y viceversa, lo cual contrasta con el Modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM), que establece que cuanto mayor es el riesgo, mayor es el rendimiento esperado de un activo (Vieira, 2022).

Los resultados obtenidos reflejan una disminución en el rendimiento de las carteras de baja volatilidad que contrasta con lo que se espera durante una época de mayor riesgo de mercado, generalmente las empresas de menor volatilidad representan una inversión más segura cuando el mercado responde a eventos negativos, sin embargo, durante la pandemia de Covid-19 las inversiones se trasladaron hacia las empresas de mayor volatilidad que existen en la nube y no dependen de una presencia física, principalmente la industria tecnológica (Vieira, 2022).

Continuando con la revisión literaria sobre los efectos de la pandemia Covid-19 en los mercados de acciones, se destacan en América Latina diferentes trabajos de investigación como la tesis de maestría de Maya (2022) la cual lleva como título “Impacto Financiero del Covid-19

en Empresas que Cotizan en Bolsa de Valores”; en este documento se pretende determinar el impacto del Covid-19 en las empresas que cotizan en la bolsa de valores de la ciudad de Guayaquil, Ecuador en términos del volumen de inversiones e inversionistas captados durante la pandemia.

Según Maya (2022), el impacto financiero del Covid-19 en la bolsa de valores de Guayaquil reflejó una disminución en cuanto al volumen de acciones negociadas especialmente a partir de marzo de 2020, esta situación se agudizó por la tendencia a la baja de los precios de las acciones como resultado de la desaceleración económica que experimentaba el Ecuador desde 2019 y que se materializó en una falta de liquidez; así, las empresas que cotizaban en la bolsa de valores de Guayaquil se vieron afectadas por la desconfianza y la ralentización de los Inversionistas atribuible a la situación de incertidumbre causada por el Covid-19 a nivel mundial (Maya, 2022).

Dentro de las conclusiones de este documento se destaca el hecho de que, el 66.66% de las empresas que cotizan en la bolsa de valores de Guayaquil indicaron haber experimentado un efecto negativo con la llegada de la pandemia en cuanto a la disminución de la actividad económica y la baja movilidad de inversionistas; en el caso del Ecuador, las tasas de interés, el riesgo país y la rápida propagación del virus afectaron el panorama del mercado de valores ocasionando una paralización de las transacciones en cuanto al volumen de emisores y de acciones cotizadas en el mercado (Maya, 2022).

### ***Antecedentes de orden nacional***

Un primer acercamiento sobre el impacto generado por la pandemia en el mercado de acciones en Colombia respecto al índice COLCAP, se puede evidenciar en el artículo de investigación de Yaneth Patricia Romero Álvarez denominado “Impacto de la Pandemia por

Covid-19 en la Canasta Accionaria del COLCAP en Colombia” el propósito de este artículo consiste en analizar el impacto sobre las acciones de mayor capitalización bursátil en Colombia que componen la canasta del índice COLCAP analizando el comportamiento de los rendimientos de las acciones y su riesgo asociado (Romero, 2020).

De acuerdo con Romero (2020), el estudio concluye que la pandemia afectó en gran medida la rentabilidad y el riesgo en el mercado de renta variable, los rendimientos de las acciones disminuyeron mientras que su riesgo aumentó, así mismo, la relación entre la rentabilidad y el riesgo pasó de positiva a negativa, finalmente, el coeficiente beta de riesgo sistemático indicó que es riesgoso invertir en las acciones que pertenecen al COLCAP, las cuales en su mayoría, presentaron un beta es superior a 1 (Romero, 2020).

En Colombia, resulta relevante continuar la revisión literaria analizando el impacto de la pandemia sobre los rendimientos del índice COLCAP, en este sentido, se destaca la tesis de pregrado de Albarracín & Bojanini (2021) denominada “Rendimientos del índice COLCAP en tiempos de COVID-19. Para comprender la relevancia del trabajo en mención resulta útil explicar la funcionalidad del índice COLCAP.

Con el objeto de contextualizar lo anterior, el COLCAP es un índice de capitalización que expresa las variaciones de los precios de las veinticinco acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), en este, la participación de cada acción se determina a través del valor ajustado de la capitalización bursátil (Banrepublica, 2023). En el trabajo de investigación de Albarracín y Bojanini (2021) se analiza la influencia por los efectos del COVID-19 en la economía, sobre el desempeño del índice COLCAP en cuanto a sus rendimientos.

En este mismo sentido, la monografía de Feria (2021) titulada “Estudio del impacto económico y financiero del COVID-19 en los resultados del segundo trimestre del año 2020 en

los emisores que conforman el índice COLCAP”, analiza los precios históricos del índice COLCAP durante el segundo trimestre del 2019 – 2020 con el fin de evaluar los resultados financieros de la pandemia sobre los emisores mediante el análisis técnico y fundamental a los sectores con mayor impacto negativo seleccionando las empresas con mayor afectación de cada sector (Feria, 2021).

De acuerdo con Feria (2021), al analizar los estados financieros de los emisores pertenecientes al índice COLCAP, se concluye que, sus proyecciones financieras se vieron afectadas por el cese de sus actividades, así mismo, se evidenció que, debido a las fuertes implicaciones económicas y sociales generadas con la llegada del virus, se produjo un cambio drástico en el precio de las acciones del COLCAP siendo de marzo y abril los meses en los que se presentaron las variaciones más severas (Feria, 2021)

Finalmente una mayor aproximación al propósito de esta investigación, se evidencia en la tesis de pregrado de David Ospina Monsalve denominada “Riesgo de las Acciones Colombianas desde 2017 hasta la Fecha, con Foco en el Efecto Pandemia” en la cual se analiza el riesgo de las acciones antes, durante y después de la pandemia del índice COLCAP; con el fin de ofrecer datos relevantes a cerca del comportamiento de estas empresas, las cuales son destacadas en el sector económico al que pertenecen y evaluar su riesgo en medio de una crisis no prevista (Ospina, 2022).

La investigación de Ospina (2022), toma como base el cálculo del VaR y Expected Shortfall para los activos del índice COLCAP y para un portafolio conformado por los mismos, y utiliza la metodología no paramétrica de simulación histórica y de forma paramétrica a través de normalidad, tomando como rango los periodos comprendidos entre enero de 2017 y octubre de 2022; entre los hallazgos se encontró que, para el periodo comprendido entre 2020 y 2021 el cual

corresponde a la crisis sanitaria del Covid-19 se registró un aumento en el nivel de riesgo de las acciones del índice COLCAP, por lo tanto, se concluye que la pandemia sí afectó el mercado financiero colombiano (Ospina, 2022).

Este último estudio es sin duda el más relevante con respecto al desarrollo de esta investigación ya que además de tener rasgos comunes en la formulación del objetivo, plantea una metodología con una estructura similar en la que se propone analizar a través del modelo de Markowitz, la variación entre rentabilidad y riesgo para un portafolio conformado por las acciones del índice COLCAP.

### ***Antecedentes del orden regional***

La investigación titulada “*Estimación del costo de capital medio ponderado para el sector ganadero aplicando simulación Montecarlo: caso Colombia*” escrita por Sastoque & Restrepo (2019) la cual tiene por objetivo determinar una estructura óptima de financiación para la actividad ganadera en Colombia, con el fin de maximizar la rentabilidad y el valor de la empresa, con un mínimo costo. La metodología utilizada incluye el análisis de los componentes del Costo de Capital Medio Ponderado (WACC), la tesis de Modigliani y Miller, las teorías complementarias, los aportes del modelo de Sharpe y sus modificaciones, así como las aplicaciones de Markowitz y el uso del Método Montecarlo.

Los resultados obtenidos en la simulación permitieron evaluar de forma parcial la financiación, a través de los diferentes tipos de distribución para los costos de deuda, costos de recursos propios, tasa libre de riesgo y el riesgo país, para llegar a proponer un WACC óptimo para el sector ganadero en Colombia. En la fase 1 de la simulación, se aplicó la teoría de Markowitz de forma invertida para definir los portafolios y encontrar los  $W_i$ , y se obtuvo en un primer escenario el portafolio 10 con una tasa de 10.77% y desviación de 1.33%, recomendando

una financiación del 97.47% con el Banagrario y un 2,53% con el Citybank. En la fase 2 de la simulación, se aplicó el análisis de riesgo dominancia para escoger la serie de las 10 entidades financieras más relevantes para aplicar datos estadísticos y determinar tasa preferencial competitiva y de menor volatilidad. Se consideró apropiado seleccionar la tasa que muestra el Banagrario con 10,76% y una desviación de 1,34%. (Sastoque & Restrepo, 2019).

Finalmente, la investigación titulada “*Comparación de los modelos de Black-Litterman, Markowitz y CAPM en la estimación de los rendimientos esperados en el mercado de renta variable en Colombia*” por González (2023) tuvo como objetivo estimar los rendimientos esperados y comparar los resultados obtenidos con el modelo BL con los de los modelos de Markowitz y el Capital Asset Pricing Model (CAMP) para evaluar su efectividad en la estimación de rendimientos. (González, 2023)

La metodología empleada en esta investigación es de naturaleza cuantitativa, descriptiva y longitudinal. El período de estudio abarca desde el 28 de febrero de 2018 hasta el 24 de febrero de 2023. Para llevar a cabo el estudio, se emplean diversas herramientas y datos clave, como el modelo Black Litterman (BL) para la estimación de rendimientos esperados, la comparación con los modelos de Markowitz y CAMP, así como la utilización de datos históricos de las seis empresas en cuestión, sus capitalizaciones de mercado y las proyecciones sobre el futuro de sus activos. Además, se toman en cuenta medidas de riesgo del mercado, como la tasa libre de riesgo TFIT16240724 y el índice ICOLCAP. (González, 2023)

Los resultados de esta investigación ofrecen varias conclusiones significativas. En primer lugar, se observa que el modelo de Markowitz arroja los rendimientos individuales más optimistas y rentables en comparación con los modelos de Black Litterman (BL) y el CAMP. Sin embargo, estos últimos dos modelos muestran rendimientos esperados notablemente más bajos.

Por otro lado, se constata que los rendimientos de los portafolios optimizados según los modelos de Markowitz y Black Litterman exhiben similitudes en su percepción sobre las tendencias de las acciones, lo que sugiere cierta convergencia en las estimaciones de rendimientos. No obstante, es importante destacar que estos dos modelos difieren en su apreciación del riesgo, lo que puede tener implicaciones significativas en las decisiones de inversión y en la construcción de carteras. (González 2023)

### **Marco Teórico**

Los instrumentos de renta variable que se negocian en los mercados financieros a nivel mundial, experimentan diferentes comportamientos como consecuencia de los impactos de variables endógenas o exógenas que influyen sobre la volatilidad de los precios de los activos financieros. La variación en el precio de las acciones por lo general tiende a incrementarse en periodos de incertidumbre económica, es decir, los mercados financieros reaccionan en mayor medida ante problemáticas macroeconómicas o acontecimientos que pueden afectar la conducta de los inversionistas trayendo como consecuencia altas rentabilidades o pérdidas catastróficas que generan fuertes impactos sobre los mercados de los países emergentes, como es el caso de Colombia.

Con el fin de analizar este tipo de reacciones inesperadas que generan incertidumbre y, por ende, variaciones entre el riesgo y la rentabilidad asociados a los activos financieros, especialmente en el mercado de renta variable, se han propuesto diferentes teorías para estimar los riesgos financieros, los rendimientos de los activos y la rentabilidad esperada. Uno de ellos, es el modelo de media varianza propuesto por Harry Markowitz en el año 1952 el cual, tiene como objetivo maximizar el valor esperado y minimizar el de la varianza (Zapata, 2013).

La revisión teórica de esta investigación, inicia con el estudio sobre los mercados financieros con el fin de contextualizar la estructura y el comportamiento del mismo, explicar la dinámica entre oferta y demanda de los diferentes tipos de bienes que allí se comercializan, y la fijación de los precios de los activos especialmente en el mercado de renta variable al cual pertenecen las acciones.

Posteriormente se abordan las diversas teorías de análisis portafolios eficientes y selección de carteras de inversión vigentes, iniciando con el modelo de media varianza de Harry Markowitz en 1952 y continuando con la Línea de Mercado de Capitales (Capital Market Line, CML) introducida por William F. Sharpe en 1964 y que representa de manera gráfica los portafolios que optimizan la combinación de riesgo y retorno en el mercado de capitales; el Índice de Treynor para evaluar la performance de una cartera considerando el riesgo sistemático medido por beta propuesto por Jack Treynor en 1965; el ratio propuesto por William F. Sharpe en 1966 para medir el rendimiento ajustado por riesgo de una inversión.

Finalmente, con fundamento en el modelo de Markowitz, se analizará el comportamiento del mercado accionario antes, durante y posterior a la Pandemia, al conformar un portafolio con los activos que integran el índice COLCAP con el fin de medir el impacto económico y financiero tras la llegada del COVID-19 sobre el mercado de acciones en Colombia.

### ***Estructura de Los Mercados Financieros***

Martín (2011) define el mercado financiero como un mecanismo que reúne a vendedores y compradores de instrumentos financieros, facilitando las negociaciones y garantizando que los precios de los valores reflejen la información disponible. En el mundo existen diversos mercados financieros y en ellos se comercializan básicamente tres tipos de valores, valores representativos de deuda, valores representativos de propiedad y valores representativos de derechos; cada uno

de estos se conocen como instrumentos que conceden a su poseedor derechos sobre algún bien (Martín, 2011).

Dentro de los valores representativos de deuda, los activos se pueden clasificar como: activos del mercado de dinero o según el plazo de negociación, como instrumentos de renta fija o del mercado de capitales. Entre estos se encuentran por ejemplo, las letras del tesoro o los bonos; los valores representativos de propiedad o también llamados representativos del patrimonio de entidades, son clasificados como activos de renta variable y están conformados específicamente por las acciones; finalmente los valores representativos de derechos hacen referencia a los derechos adquiridos por el comprador sobre los dos primeros tipos de valores y se conocen como “Productos Derivados”, porque derivan de aquellos, como ejemplos encontramos los forwards, futuros y opciones.

En referencia a los tipos de valores negociados en el mercado financiero, es necesario explicar que existen dos clasificaciones en función de la naturaleza del rendimiento esperado: Los instrumentos de renta variable son aquellos en los que el rendimiento de la inversión proviene principalmente de incrementos futuros en el precio; como los precios futuros son desconocidos, se crea incertidumbre sobre los rendimientos. Los instrumentos de renta fija generan flujos de dinero conocidos a lo largo del tiempo, lo que permite calcular rendimientos aproximados de las inversiones. Sin embargo, el hecho de que se llamen instrumentos de renta fija no indica que los rendimientos sean siempre positivos y fijos, puede ser que tales inversiones puedan resultar en rendimientos diferentes a los esperados, o incluso pérdidas (Martín, 2011).

### **Mercado Primario.**

Cuando una empresa o el estado buscan fuentes de financiamiento y ofertan por primera vez nuevas emisiones de valores, estas se venden públicamente en el mercado primario; esta

colocación inicial de valores por lo general se realiza a un precio determinado por medio de Oferta Pública de Venta (OPV), aunque también se puede realizar a través de una oferta privada cuando la venta está dirigida exclusivamente a ciertas personas o instituciones específicas (CNMV, 2020).

En una emisión de valores participan varios agentes. Un agente estructurador se encarga de crear la emisión y realizar los trámites necesarios para inscribirla en los registros públicos del mercado de valores y ante el ente supervisor correspondiente. Un agente colocador es responsable de anunciar y vender los instrumentos en el mercado. En los mercados de renta fija, también hay un representante de los obligacionistas que ejerce los derechos de los inversores en relación con la emisión (Martín, 2011).

### **Mercado Secundario**

El mercado secundario se realizan las transacciones y las negociaciones de los valores emitidos y colocados previamente en el mercado primario; el mejor ejemplo son la negociación en Bolsa y en los demás mecanismos centralizados constituye un mercado secundario. Es decir, cuando los inversores que adquirieron acciones y bonos en el mercado primario, están interesados en vender para recuperar su inversión, acuden a un mercado secundario o de segunda mano, donde asisten todos los interesados en comprar y vender acciones (CNMV, 2020).

### ***Modelo de Markowitz***

El modelo de gestión de carteras de Markowitz está diseñado para identificar la cartera ideal para cada inversor, en términos de rentabilidad y riesgo. Este enfoque se desarrolla en tres fases y se basa en el supuesto de la rentabilidad de una cartera se mide por su valor matemático esperado y que el riesgo se evalúa mediante la volatilidad (Estrategias de Inversión, s.f.).

### **Hipótesis del modelo de Markowitz:**

El modelo de Markowitz se basa en las siguientes hipótesis:

#### ***Rentabilidad de Una Cartera.***

La rentabilidad de una cartera viene dada por su esperanza matemática, es decir, se estima la media de los retornos de los activos financieros que componen la cartera (López, 2003).

#### ***Medición del Riesgo a Través de la Volatilidad.***

El riesgo se mide a través de la volatilidad, es decir, la variabilidad de los retornos de la cartera en relación con su media. La cartera con mayor volatilidad implica mayor riesgo (López, 2003).

El modelo de Markowitz se fundamenta en el criterio de media varianza, que busca maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo de la inversión. La varianza, es una medida estadística de la dispersión de los datos respecto a la media, se minimiza para reducir el riesgo asociado con la inversión. (Mba et al., 2022)

#### **Criterio de varianza media**

La combinación óptima de activos financieros que maximiza la rentabilidad y minimiza el riesgo se encuentra en la frontera eficiente, que es el conjunto de carteras que ofrecen el mayor rendimiento posible para un nivel de riesgo determinado. A partir de aquí, se obtiene la cartera óptima, que es aquella que está situada en la tangente que se dibuja en la frontera eficiente y tiene la mayor rentabilidad posible para el nivel de riesgo escogido. El modelo de Markowitz incluye el supuesto de que no todos los inversores se comportan de la misma manera frente al riesgo, en este sentido, en función de sus preferencias, se puede elegir una cartera alternativa pero que minimice el riesgo lo máximo posible. (Mba et al, 2022)

### **CAPM: Modelo de Precios de Activos de Capital**

El modelo de Markowitz se complementa con el Modelo de Precios de Activos de Capital (CAPM). De acuerdo con este modelo la rentabilidad esperada de un activo financiero debe ser igual a la tasa libre de riesgo más el coeficiente Beta multiplicado por la prima de riesgo de mercado. Este coeficiente refleja el riesgo sistemático, es decir, aquel que no se puede diversificar (Navarro, 2018).

De acuerdo con lo anterior, el CAPM fija precios de activos financieros a partir del coeficiente de evaluación del riesgo, esto ayuda a tomar decisiones de inversión en función de la rentabilidad y el riesgo esperados. El modelo CAPM será abordado con mayor detalle en uno de los apartados siguientes.

### **Retorno Esperado de Activos Individuales.**

Los retornos esperados se determinan evaluando las diferentes probabilidades de que ocurran distintos escenarios futuros, basándose en las condiciones del mercado.

Matemáticamente, el rendimiento esperado de un activo se calcula sumando el producto de cada probabilidad por el rendimiento correspondiente a cada escenario del mercado (López, 2003).

El rendimiento esperado de un activo cualquiera se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$E_A = P_1 * R_1 + P_2 * R_2 + P_3 * R_3 + \dots + P_n * R_n$$

Donde:

$E_A$  = Retorno Esperado del activo A.

$P_n$  = Probabilidad de ocurrencia de la condición de mercado.

$R_n$  = Retorno del Activo A si se diera la condición de mercado.

### Retorno esperado de Portafolios

El retorno esperado de una cartera es igual al promedio ponderado de los retornos esperado de los activos individuales que la componen. En este sentido, cada activo se pondera de acuerdo a su participación dentro de la cartera. (López, 2003)

El rendimiento esperado de un portafolio se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$E_C = X_1 * E_1 + X_2 * E_2 + X_3 * E_3 + \dots + X_n * E_n$$

Donde:

$E_C$  = Retorno Esperado de la cartera.

$X_n$  = Proporción invertida en el activo n.

$E_n$  = Retorno esperado del activo n.

### Riesgo

En el modelo de Markowitz, el riesgo de un activo se mide como la desviación estándar de sus retornos. Esto significa que se evalúa el grado en que los retornos de ese activo se desvían del rendimiento promedio esperado. En este contexto, la medida de riesgo utilizada es la varianza o la desviación típica. Estas métricas cuantifican la dispersión de los retornos respecto al valor promedio, proporcionando una indicación de la volatilidad y el riesgo asociado con el activo (López, 2003).

El riesgo asociado a los retornos es calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$\delta_A = \sqrt{\sum (R_{Ai} - R_A)^2 * P_i}$$

Donde:

$\delta_A$  = Desviación estándar del activo A

$R_{Ai}$  = Retorno del activo A relacionado a la probabilidad i

$R_A$  = Retorno esperado del activo A.

$P_i$  = Probabilidad de ocurrencia de la condición de mercado i

El riesgo de una cartera está en función del nivel de riesgo individual de cada uno de los activos que la conforman y de la correlación existente entre los retornos esperados de cada uno de los activos que componen la cartera (López, 2003).

### ***Modelo de Valoración de Activos de Capital***

William Sharpe desarrolló el modelo de valoración de activos de capital basado en varios supuestos. Estos supuestos permiten simplificar el análisis y derivar conclusiones sobre cómo se determinan los precios de los activos en un mercado eficiente.

Todos los inversionistas se comportan de acuerdo con el modelo media-varianza, es decir, toman decisiones basadas en la media y la varianza de los retornos.

Todos los inversionistas tienen el mismo horizonte temporal para sus inversiones.

Existe información simétrica, lo que significa que todos los inversionistas tienen acceso a la misma información, lo que contribuye a la eficiencia del mercado.

No existen restricciones institucionales, como la prohibición de la venta en corto o el endeudamiento a la tasa de libre riesgo.

No existen impuestos ni comisiones, lo que implica que el mercado es operativamente eficiente.

Los inversionistas no pueden influir en los precios de los activos, lo que sugiere que hay competencia perfecta.

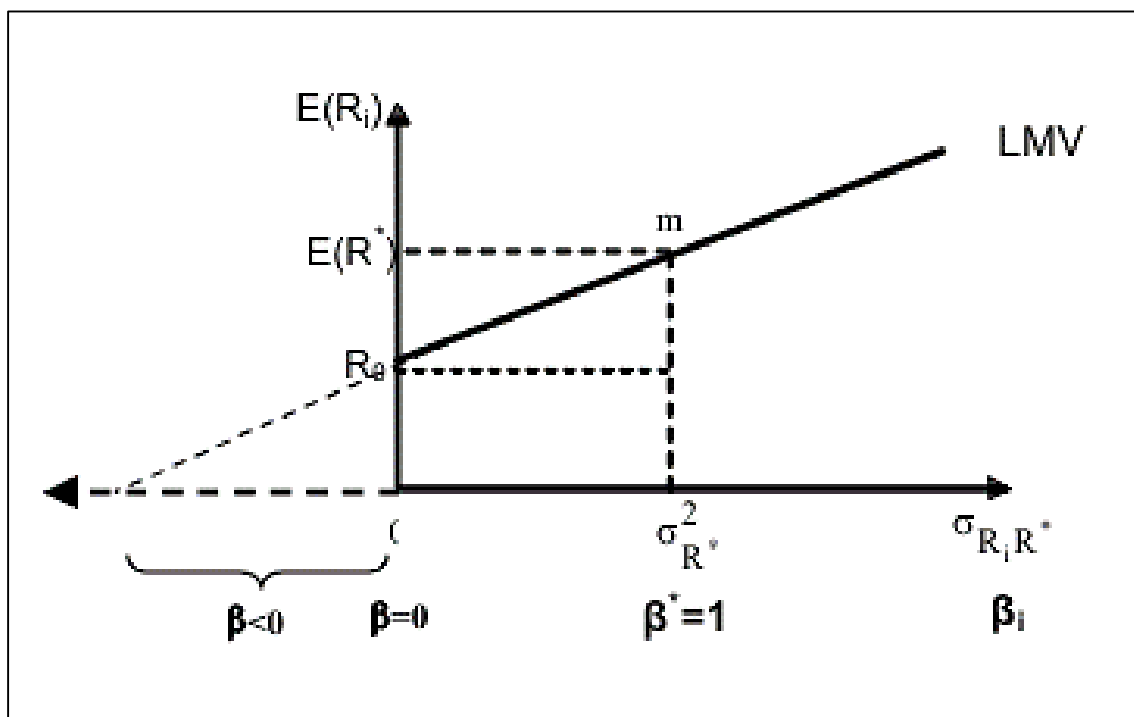
El modelo de valoración de activos de capital, por sus siglas en inglés CAPM (Capital Asset Pricing Model), propone establecer el rendimiento de cada activo en función de su riesgo, así como hallar un indicador adecuado que permita medir fielmente dicho riesgo. Una diferencia marcada en este modelo, es que en este modelo desaparece el riesgo sistemático puesto que éste puede reducirse mediante la diversificación. Por lo tanto, debe existir una relación creciente entre el nivel de riesgo, el beta, y el nivel de rendimiento esperado de los activos, es decir, a mayor riesgo, mayor rendimiento (Álvarez et al., 2019).

### *Línea de Mercado de Capitales (Capital Market Line, CML)*

Con respecto al rendimiento esperado de un activo de acuerdo a un nivel de riesgo determinado se puede plantear gráficamente como:

#### *Ilustración 1*

#### *Línea de Mercado de Capitales*



Nota: La imagen ilustra la relación rendimiento esperado vs riesgo para un activo determinado.

Fuente: Tomado de Alvares et al 2019, pág. 114

La línea del mercado de valores (LMV) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$E(R_i) = R_0 + \frac{E(R^*) - R_0}{VAR(R^*)} * COV(R_i R^*)$$

En esta formulación matemática, la rentabilidad esperada del activo se encuentra en función de la Tasa Libre de Riesgo (TLR) que sería la tasa de rendimiento obtenida al invertir en un activo sin riesgo. En la misma se evidencia que existe una relación positiva entre la rentabilidad esperada y la covarianza del activo con el portafolio del mercado, lo cual implica que para cualquier activo, la rentabilidad esperada es directamente proporcional al nivel de riesgo sistemático (Álvarez et al., 2019).

Cuando relacionamos el riesgo sistemático,  $COV(R_i R^*)$ , con el riesgo del mercado,  $VAR(R^*)$ , tenemos como resultado el parámetro beta de un activo individual:

$$B_i = \frac{COV(R_i R^*)}{VAR(R^*)}$$

El coeficiente beta indica la volatilidad de un activo en relación con las variaciones de la rentabilidad del mercado, o dicho de otra manera, mide el riesgo sistemático de un activo en comparación con el riesgo del mercado (Álvarez et al., 2019).

Finalmente, se puede deducir que el modelo CAPM es un modelo de valoración de activos, sean financieros o no. Este modelo refleja el ajuste que se presenta cuando los activos se ubican por encima o por debajo de la CML. Los activos mostrarán un nivel de rendimiento esperado mayor de acuerdo a un nivel de riesgo aceptado, haciéndolo un activo muy deseable, en efecto, debido a la presión ejercida por la demanda, esto ocasionaría un aumento en su precio y una reducción del rendimiento esperado, ubicándolo así finalmente sobre la CML. (Álvarez et al., 2019).

### ***Ratio de Treynor***

La ratio de Treynor mide el diferencial de rentabilidad obtenido sobre el activo libre de riesgo por unidad de riesgo sistemático del fondo, representado por su Beta. Se toma un activo libre de riesgo, que en el caso de esta investigación para Colombia será el bono de financiación del gobierno colombiano 2015-2045. Así, se pone en relación la rentabilidad que ha tenido una cartera frente a la rentabilidad que ha tenido ese activo libre de riesgo que variará en función de la zona geográfica.

La información requerida para calcular la ratio de Treynor es la siguiente: (i) la rentabilidad de la cartera, (ii) la Tasa Libre de Riesgo (TLR) y (iii) la Beta de la cartera. Los dos primeros elementos se obtienen a partir de los rendimientos obtenidos en el mismo periodo de tiempo. Por otro lado, la Beta de una cartera, indica la volatilidad de un valor en comparación a un índice. Dicho valor es volátil cuando fluctúa demasiado. En este sentido, La Beta indica si un valor fluctúa en mayor o menor medida con respecto al mercado. Si un valor sube o baja en la misma proporción en que lo hace el mercado entonces su Beta es 1. Si el valor sube o baja en mayor medida que el mercado entonces su beta es mayor a 1 (Estrategias de Inversión, s.f.).

La formulación matemática para calcular el índice de Treynor es la siguiente:

$$\text{Ratio de Treynor} = \frac{R_A - TLR}{Beta}$$

Tomar el riesgo sistemático como medida de riesgo implica suponer que los gestores de carteras anulan el riesgo específico de los activos mediante la diversificación; por lo tanto, es posible concluir que cuanto mayor sea la ratio de Treynor mejor habrá sido la gestión de la cartera. (Estrategias de Inversión, s.f.).

### ***Sharpe Ratio***

Dentro del contexto del Modelo Media Varianza, la ratio de Sharpe evalúa la rentabilidad ajustada al riesgo de una cartera de activos. De acuerdo con la definición de González (2022), un ratio positivo y más alto se considera deseable, ya que implica que la inversión está proporcionando un rendimiento adicional por el riesgo asumido, mientras que un Sharpe Ratio negativo sugiere que el rendimiento es insuficiente en comparación con el riesgo.

$$R_s = \frac{\mu_n - r_f}{\sigma_n}$$

Donde  $\mu_n$  es el rendimiento promedio obtenido de la inversión o cartera en un período de tiempo específico.  $r_f$  Representa la tasa de rendimiento que se podría obtener sin asumir ningún riesgo, como los TES del gobierno. Sirve como una medida de referencia para la inversión sin riesgo y  $\sigma_n$  mide la variabilidad o el riesgo de los rendimientos de la inversión. Por lo general, se representa como la desviación estándar de esos rendimientos.

Existe una dicotomía en cuanto a la perspectiva sobre el comportamiento de los activos en los mercados financieros desde la teoría de eficiencia de los mercados financieros de Sharpe (1964) y las teorías conductistas de Bondt & Thaler, (1985), dos corrientes de pensamiento en finanzas. Aquí se presenta un enfoque estructurado. La primera, la teoría de eficiencia de los mercados financieros, promovida por William Sharpe en 1964, postula que los precios de los activos financieros reflejan de manera eficiente toda la información disponible en el mercado. De acuerdo con lo anterior, este enfoque puede clasificarse según el grado en que los precios de los activos:

**Eficiencia Débil:** Sostiene que los precios actuales de los activos ya incorporan toda la información pasada sobre precios y volúmenes. En otras palabras, el análisis técnico y el estudio de tendencias pasadas no proporcionan una ventaja para los inversores.

**Eficiencia Semifuerte:** Argumenta que los precios de los activos también reflejan toda la información pública, incluyendo datos financieros y noticias públicas. Esto implica que no es posible obtener ventajas a través del análisis fundamental o el acceso a información pública.

**Eficiencia Fuerte:** Sostiene que los precios de los activos incorporan toda la información, tanto pública como privada. Esto significa que ningún inversor puede obtener ventajas, incluso con información privilegiada.

La segunda corriente, las teorías conductistas, desarrolladas por académicos como de Bondt & Thaler (1985), cuestionan la plena eficiencia de los mercados financieros y se centran en la irracionalidad y los sesgos de los inversores, aspectos que destacan la importancia del comportamiento humano en los mercados financieros.

Las teorías conductistas en finanzas resaltan que los inversores a menudo reaccionan ineficientemente a nueva información, lo que puede llevar a que los precios de los activos reflejen de manera exagerada eventos y noticias.

Además, se han identificado anomalías en los precios que no se pueden explicar mediante la teoría de eficiencia, como el efecto de enero y la influencia de sesgos cognitivos y emocionales, como la aversión a las pérdidas y el exceso de confianza, que influyen en las decisiones de inversión.

También, se reconoce que los precios de los activos pueden ser ineficientes a corto plazo debido a la sobrevaloración o subvaloración causada por emociones y sesgos.

Sin embargo, al margen de estas dos teorías, desde la perspectiva del comportamiento de la demanda, el propósito común es buscar el crecimiento del capital y la satisfacción de otras necesidades financieras, siempre con la premisa de evitar pérdidas económicas. Aunque todos los

inversores comparten el objetivo central de obtener rendimientos, sus preferencias personales pueden variar.

No obstante, alcanzar la meta principal de rentabilidad y cumplir con estos objetivos individuales implica un costo, representado por el riesgo sistemático de la cartera, es decir la variabilidad o incertidumbre asociada al rendimiento de un conjunto de activos financieros, en lugar de un activo individual. Este riesgo está relacionado con las interacciones y correlaciones entre los activos dentro del portafolio causadas por múltiples estados de naturaleza.

El problema del manejo de riesgos a través de un portafolio de activos, en el cual son relevantes el retorno y el riesgo, se considera una restricción  $W$  con la que se puede comprar  $n$  distintos activos. Una condición necesaria es que el activo  $i \neq j$  en cuanto a correlación cada uno con una variable exógena. La inicial de todo portafolio es una restricción está dada por  $W = \sum_{i=1}^n P_i(q_i)$  donde  $P_i$  es el precio del activo  $i$  en el mercado.

Se define el retorno  $\bar{Z}_i = (1 + r_i) \cdot P_i$ , y los valores de retorno esperado asociados al activo  $i$  son  $E(\bar{Z}_i) = \mu_i$  y  $V(\bar{Z}_i) = \sigma_i^2$ . Por tal forma, el portafolio estaría construido de tal manera que los rendimientos son un nivel de consumo  $C = \sum_{i=1}^N \bar{Z}_i(q_i)$ , cuyo retorno y riesgo son definidos como  $E(C) = \mu$  y  $V(\bar{Z}_i) = \sigma$ . (Sarmiento Lotero & Vélez Molano, 2008)

El modelo de gestión de carteras desarrollado por Markowitz (1952), conocido como el Modelo Media Varianza (MV), establece un criterio universal de que las opciones riesgosas pueden ser caracterizadas por su retorno  $\mu$  y su nivel de riesgo  $\sigma$  es decir, por su media y su varianza, y su objetivo es maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo. En este caso los individuos tienen una mayor utilidad esperada con un mayor retorno y una menor utilidad esperada con el riesgo.

En la literatura especializada, se han propuesto diversas estrategias para resolver el desafío de optimización presente en el Modelo Media Varianza (MV). Una de estas aproximaciones, conocida como el Modelo de Restricciones:

En este método de acuerdo con Enciso, (2005, p.13) se selecciona uno de los objetivos, por ejemplo, la maximización de la rentabilidad, como la función principal a optimizar. Simultáneamente, el otro objetivo se introduce como una restricción en el modelo.

$$\begin{aligned} & \max \sum_{n=1}^N w_n (\mu_n) \\ & \max \sum_{n,m=1}^N w_n w_m \sigma_{nm} \leq \sigma_{max} \\ & \max \sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad w_1, \dots, w_n \geq 0 \end{aligned}$$

En el contexto del MV, esto implica que se establece la maximización de la rentabilidad como el objetivo principal del problema. Paralelamente, se impone una restricción que limita el riesgo total de la cartera, estableciendo de antemano el nivel máximo de riesgo ( $\sigma_{max}$ ) que el inversor está dispuesto a tolerar.

Otra alternativa implica la minimización del riesgo como objetivo principal en la función objetivo, y se incorpora la rentabilidad como una restricción. Para llevar a cabo esta estrategia, se requeriría establecer previamente el nivel mínimo de rentabilidad que el inversor estaría dispuesto a aceptar.

$$\begin{aligned} & \min \sum_{n=1}^N w_n w_m \sigma_{nm} \\ & \min \sum_{n,m=1}^N w_n \mu_n \geq \mu_{min} \end{aligned}$$

$$\min \sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad w_1, \dots, w_n \geq 0$$

Otra forma de optimización es el Modelo de Objetivos: En este modelo, se integran los dos elementos previamente mencionados,  $\sigma_{max}$  y  $\mu_{min}$ , en la función objetivo y se minimiza la distancia.

$$\min \left( \sum_{n=1}^N w_n \mu_n - \mu_{min} \right) + \left( \sigma_{max} - \sum_{n,m=1}^N w_n w_m \sigma_{nm} \right)$$

$$\min = \sum_{n=1}^N w_n \mu_n \geq \mu_{min}$$

$$\min \sum_{n,m=1}^N w_n w_m \sigma_{nm} \leq \sigma_{max}$$

$$\min \sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad w_1, \dots, w_n \geq 0$$

De acuerdo Martínez (2022) desde la introducción del Modelo Media Varianza (MV) de Markowitz, diversos modelos y estudios han destacado las siguientes deficiencias principales en dicho enfoque:

**Inexactitud en la Estimación de Parámetros:** La falta de precisión en la estimación de los parámetros relacionados con los rendimientos y riesgos de los activos, esto resulta en que las carteras óptimas seleccionadas no logren los resultados esperados.

Por la anterior deficiencia, se han introducido nuevos métodos de estimación de rendimiento y riesgo. Uno de los estimadores de rendimiento más ampliamente aplicados es el que se utiliza en el Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM) Sharpe (1964), el cual introduce que no es necesario analizar activamente cada activo individualmente para estimar su

rendimiento. En su lugar, la rentabilidad esperada de un activo específico ( $\mu_n$ ) puede estimarse utilizando el riesgo del mercado ( $\sigma_m$ ) y la tasa de interés libre de riesgo ( $r_f$ ).

$$\max = \frac{\sum_{n=1}^N w_n \mu_n - r_f}{\sum_{n,m=1}^N w_n w_m - \sigma_{nm}}$$

$$\max = \sum_{n=1}^N w_n = 1 \quad w_1, \dots, w_n \geq 0$$

Variabilidad Significativa en las Ponderaciones de Activos: Las asignaciones de pesos a los activos en las carteras óptimas pueden experimentar una variabilidad considerable en respuesta a pequeñas alteraciones en las estimaciones de los rendimientos y riesgos de los activos.

Excesiva Concentración en Pocos Activos: Se ha observado que las carteras óptimas generadas por el Modelo Media Varianza tienden a estar desmesuradamente centradas en un número limitado de activos, generalmente los dos o tres activos con los rendimientos más altos. Esto no garantiza la diversificación anticipada y puede exponer la cartera a un riesgo sustancial.

## **Marco Conceptual**

### ***Rentabilidad esperada***

De acuerdo con Harms, (2003). La rentabilidad esperada se refiere al rendimiento promedio que un inversor anticipa obtener de una cartera de inversión durante un período específico. Este concepto es fundamental en la toma de decisiones financieras, ya que los inversionistas buscan obtener ganancias a través de sus inversiones. Para calcular la rentabilidad esperada de una cartera, se utiliza generalmente como base el promedio de los rendimientos individuales de los activos que componen esa cartera. En otras palabras, se suman los

rendimientos de todos los activos y se dividen por el número total de activos para obtener una estimación del rendimiento promedio que se espera lograr.

### ***Riesgo***

El riesgo en el contexto de la inversión se refiere a la incertidumbre o la probabilidad de que el rendimiento real de una cartera de inversión sea diferente del rendimiento esperado. Los inversionistas buscan minimizar este riesgo, ya que desean evitar pérdidas significativas o volatilidad excesiva en sus inversiones. Una medida común para evaluar el riesgo es la desviación estándar del rendimiento, que proporciona una medida de cuán dispersos o variados son los rendimientos individuales de los activos en una cartera. Cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será el riesgo asociado con la inversión (Medina, 2003).

### ***Frontera eficiente***

La frontera eficiente es un concepto clave en la teoría moderna de carteras desarrollada por Harry Markowitz. Se refiere al conjunto de carteras que ofrecen el mayor rendimiento esperado posible para un nivel de riesgo dado, o el menor riesgo posible para un nivel de rendimiento esperado dado. En otras palabras, la frontera eficiente representa una serie de combinaciones óptimas de activos que permiten a los inversores maximizar sus ganancias dados sus niveles de tolerancia al riesgo. La construcción de una cartera en la frontera eficiente implica diversificar los activos de manera que se minimice el riesgo para un rendimiento objetivo o se maximice el rendimiento para un nivel de riesgo deseado. Esto es esencial para tomar decisiones de inversión informadas y equilibradas (Julius, 2019).

### ***Portafolio de inversión***

Un portafolio de inversión es una colección de activos financieros, como acciones, bonos, bienes raíces y otros instrumentos, en los que un inversor ha invertido su dinero. La construcción

de un portafolio implica seleccionar una combinación de activos que busque maximizar la rentabilidad esperada y minimizar el riesgo (Vergara & Cervantes, 2012).

### ***Diversificación***

La diversificación de acuerdo con la definición de Sierra, (2012) es una estrategia clave en la gestión de carteras que implica la distribución de los activos en un portafolio de manera que se reduzca el riesgo. Al tener una variedad de activos con diferentes comportamientos, se busca evitar la concentración del riesgo en una sola inversión, lo que puede ayudar a suavizar las fluctuaciones del rendimiento del portafolio.

### ***Beta***

Es una medida que compara la volatilidad de un activo financiero (como una acción) con la volatilidad del mercado en general. De acuerdo con Gonzales, (2014) una beta superior a 1 indica que el activo tiende a ser más volátil que el mercado, mientras que una beta inferior a 1 indica que es menos volátil. La beta es utilizada para evaluar cómo se comportará un activo en relación con las fluctuaciones del mercado.

### ***Correlación***

La correlación es una medida estadística que describe la relación entre dos activos o dos clases de activos en términos de cómo se mueven juntos en el mercado. Una correlación positiva significa que los activos tienden a moverse en la misma dirección, mientras que una correlación negativa significa que se mueven en direcciones opuestas (Dubova, 2005). La diversificación se basa en la búsqueda de activos con correlaciones negativas o bajas para reducir el riesgo de un portafolio.

### ***Sharpe Ratio***

Es una medida que evalúa la relación riesgo-rendimiento de una inversión o de un portafolio de inversión. El Sharpe Ratio se calcula dividiendo el exceso de rendimiento de la inversión (rendimiento por encima de la tasa libre de riesgo) por su volatilidad o riesgo (Martínez, et al., 2021).

### ***Tasa libre de riesgo***

Se refiere a la tasa de interés que se obtiene de invertir en un activo financiero que se considera completamente libre de riesgo. En la práctica, de acuerdo con Fernández, *et al.*, (2023), el activo financiero que mejor representa esta tasa es generalmente un bono del gobierno de un país con una alta calificación crediticia. La razón principal por la que se considera libre de riesgo es que se asume que el gobierno respaldará el pago de los intereses y el capital sin fallar.

### ***Retorno***

Los retornos, se refieren al rendimiento o la ganancia (o pérdida) que un inversor obtiene de una inversión durante un período de tiempo determinado. Los retornos son una medida clave para evaluar el desempeño de una inversión y pueden expresarse de varias maneras, dependiendo de cómo se calculen y presentan, bien sea de forma relativa para variaciones de carácter determinísticas o logarítmica para estocásticas (Alonso & Arcos, 2006).

### **Marco Legal**

#### ***Aspectos Legales de la Formación de Portafolios de Inversión en Colombia***

En Colombia la Constitución Política de Colombia, 1991, en sus art. 333 y 334 establece que el Estado tiene la obligación de velar por la seguridad, solidez, liquidez y solvencia del sistema financiero, asegurador y del mercado de valores. La formación de portafolios de inversión está regulada por un marco legal que incluye diversas leyes y decretos que definen las

pautas y requisitos para su operación. Estas normativas son esenciales para garantizar el funcionamiento adecuado del mercado de valores y la gestión del riesgo asociada a estos portafolios. (Constitución Política de Colombia, 1991, arts. 333 y 334)

Las principales leyes y decretos que rigen esta área son las siguientes:

La (Ley 964, 2005) denominada como la Ley de Mercado de Valores: Esta ley establece el marco general para el funcionamiento del mercado de valores en Colombia, incluyendo la regulación de los portafolios de inversión.

El (Decreto 2555, 2010) el cual es el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero: Este decreto define las funciones y competencias de la Superintendencia Financiera de Colombia, la entidad encargada de supervisar y vigilar el mercado de valores.

El (Decreto 1247, 2016) el cual es el Régimen de Administración de Portafolios de Terceros: Este decreto regula la actividad de administración de portafolios de terceros, que consiste en que una entidad reciba activos de un tercero para administrar un portafolio según los lineamientos y objetivos establecidos por dicho tercero.

El (Decreto 270, 2021) introduce cambios significativos en el cálculo de la rentabilidad mínima obligatoria para el portafolio de cesantía de corto plazo y establece algunas disposiciones adicionales. Las principales modificaciones son las siguientes:

Introduce una nueva metodología para calcular la rentabilidad mínima obligatoria del portafolio de cesantía de corto plazo, que se basa en un enfoque de riesgo-rentabilidad.

Aumenta la rentabilidad mínima obligatoria del portafolio de cesantía de corto plazo del 4,5% al 5% anual.

Establece un mecanismo de ajuste anual de la rentabilidad mínima obligatoria, que se determinará en función de la evolución de los rendimientos de los portafolios de inversión de los fondos de cesantía.

Así mismo, la presente normatividad (Decreto 270, 2021, art. 2.9.7.1.5) limita el monto total de los portafolios de terceros administrados por una sociedad comisionista de bolsa. En ningún caso, dicho monto podrá exceder 48 veces el capital pagado, la prima en colocación de acciones y la reserva legal de la sociedad comisionista de bolsa, siempre y cuando estos valores estén saneados.

### ***Consideraciones Clave en la Gestión del Riesgo para la Formación de Portafolios***

La gestión del riesgo juega un papel fundamental en la construcción de carteras de inversión y se encuentra regulada por la Superintendencia Financiera de Colombia, según lo establecido en su normativa (Superfinanciera, 2021, Capítulo XXXI, p. 41 - 80). Las instituciones bajo la supervisión de esta entidad están obligadas a implementar políticas y procedimientos de gestión del riesgo que tengan como objetivo:

Identificar los riesgos: Las entidades deben identificar los riesgos a los que se exponen sus portafolios, incluyendo los riesgos de mercado, riesgo de crédito, riesgo de liquidez y riesgo operacional.

Medir los riesgos: Cuantificar los riesgos identificados es esencial para evaluar su potencial impacto en el portafolio.

Controlar los riesgos: Implementar medidas para controlar los riesgos identificados, lo que incluye establecer políticas y procedimientos de inversión, límites de inversión y sistemas de monitoreo.

Monitorear los riesgos: Realizar un seguimiento constante de los riesgos identificados para detectar cualquier cambio que pueda afectar al portafolio.

En todo caso, el (Decreto 270, 2021, art. 2.9.7.1.6) otorga facultades adicionales a las sociedades comisionistas de bolsa en el ejercicio de la administración de portafolios de terceros. Estas facultades incluyen la capacidad de realizar operaciones de compra y venta de valores, operaciones de derivados, reporto o repos simultáneas, transferencia temporal de valores y otras operaciones autorizadas en virtud del contrato de comisión. Además, les permite tomar decisiones sobre la gestión de los excedentes de liquidez transitorios, siempre que cuenten con la autorización expresa del cliente.

### ***Instituciones Autorizadas para Ofrecer Portafolios de Inversión en Colombia***

En Colombia, las instituciones habilitadas para ofrecer portafolios de inversión incluyen:

**Sociedades Comisionistas de Bolsa:** Estas entidades tienen la capacidad de prestar servicios de administración de portafolios de terceros, siempre y cuando cumplan con las condiciones establecidas en el (Decreto 1247, 2016). La Superintendencia Financiera de Colombia otorga la autorización previa después de evaluar la idoneidad y las capacidades operativas de la sociedad comisionista de bolsa solicitante.

**Fondos de Inversión:** Estos son vehículos de inversión colectiva que reúnen recursos de un grupo de inversionistas para invertir en un conjunto de activos (Decreto 2555, 2010).

**Administradoras de Fondos de Pensiones:** Estas entidades gestionan los recursos de los fondos de pensiones y cesantías, que son productos de ahorro destinados al retiro (Decreto 1393, 2020).

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

### **Tipo De Investigación**

#### *Enfoque*

Debido a su naturaleza cuantitativa, las variables de estudio serán abordadas desde el sistema de investigación hipotético deductivo del paradigma positivista; este enfoque busca generar un conocimiento sistemático, comprobable y comparable, medible y replicable, por lo tanto, dentro de este paradigma solo se consideran como objeto de estudio los fenómenos observables, medibles o contables y que además guardan una relación de causalidad o correlacional (Martínez, 2019).

A partir del paradigma positivista a través del cual se estudian las categorías de análisis y las variables relacionadas; esta investigación apuesta principalmente por un enfoque cuantitativo, dado que, el fenómeno que está siendo objeto de estudio es único y solo es posible estudiarlo a través del método estadístico.

#### *Alcance*

El contexto de esta investigación propone analizar el impacto que tuvo la pandemia del Covid-19 sobre el mercado de acciones en Colombia en el periodo 2015-2023. Este periodo supone tres escenarios, ex antes, durante y ex post. En este sentido esta investigación tiene un alcance explicativo, toda vez que pretende, identificar y explicar las causas y efectos del fenómeno estudiado estableciendo cómo y por qué el COVID-19 ha afectado el mercado de acciones en Colombia (Sampieri et al., 2014).

Por otro lado, esta investigación busca profundizar en el análisis de las relaciones causales entre la pandemia y variables clave del mercado, utilizando técnicas estadísticas avanzadas de modelación con el fin de comprender mejor estos vínculos.

Lo anterior implica un análisis detallado y exhaustivo de las relaciones causales entre variables de estudio, en este sentido, la investigación aborda un alcance analítico debido a que pretende analizar de manera específica y detallada las variaciones entre rentabilidad y riesgo de los portafolios en tres escenarios distintos, así como las diferencias en la frontera eficiente y la línea de mercado de capitales durante el periodo de análisis.

El desarrollo de la investigación supone entonces una combinación entre el alcance explicativo y analítico para explicar el fenómeno estudiado y dar respuesta a los interrogantes relacionados con el problema de investigación.

### **Diseño de Investigación.**

La sistematización del problema de investigación plantea el siguiente interrogante ¿Cuál ha sido el impacto de la pandemia del COVID-19 sobre el mercado accionario en la bolsa de valores de Colombia para el periodo comprendido entre los años 2015-2023?

De acuerdo con esto, el objetivo de llevar a cabo este estudio consiste en medir este impacto, cuantificarlo y comprobarlo mediante el análisis estadístico. La sistematización del problema, el objetivo propuesto y las estrategias para su comprobación suponen de manera explícita la implementación de un diseño no experimental, en concreto, se trata de un estudio longitudinal que utiliza datos panel.

Dado que se pretende analizar el impacto del COVID-19 en el mercado de acciones en un momento específico, un diseño longitudinal permitirá recopilar los datos en un punto en el

tiempo, proporcionando una instantánea del estado del mercado durante la pandemia y permitirá comparar fácilmente los datos con períodos anteriores o posteriores a la crisis.

### **Área de Localización de Estudio.**

La presente investigación se llevará a cabo en el municipio de Aguachica y se extenderá al mercado de valores en Colombia. La elección de Colombia (Bolsa de Valores de Colombia) como sitio de investigación proporcionará una perspectiva localizada que contribuirá a un análisis más específico y concreto de la situación financiera en este mercado de valores en el contexto de la pandemia. Este geográfico permite un enfoque preciso y acotado que facilitará la consecución de los objetivos de la investigación.

### **Población y Muestra.**

La investigación propone medir el impacto de la pandemia del COVID-19 sobre el mercado accionario en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), en este sentido, el área de localización define que la investigación da a entender que el universo poblacional estaría conformado por activos que coticen en la BVC los cuales están representados en tres grandes grupos de índices bursátiles que son: índices del mercado accionario, índices del mercado de renta fija e índices para el mercado monetario.

De acuerdo con lo anterior, la población estará conformada por los Activos que componen las carteras de los cuatro índices accionarios que existen en la BVC y con respecto al tamaño de la muestra, esta estará conformada por las veinticinco (25) acciones que componen el índice MSCI COLCAP. El criterio de selección se sustenta bajo el siguiente argumento: “El índice MSCI COLCAP, es el índice más representativo del mercado colombiano que incluye los 20 emisores y las 25 acciones más líquidas” (BVC, 2024).

## **Fuentes de Información.**

Las fuentes de información utilizadas en el desarrollo de esta investigación se clasifican como secundarias:

### ***Fuentes Secundarias.***

Las fuentes secundarias son interpretaciones, análisis o compilaciones de fuentes primarias. Investing.com recopila y presenta datos financieros que han sido obtenidos de bolsas de valores en todo el mundo y de otras fuentes primarias. Aunque Investing proporciona acceso a estos datos, la plataforma en sí no genera los datos originales.

#### **Investing.com**

Investing.com es una plataforma financiera en la web que proporciona noticias e información sobre los mercados financieros en tiempo real. A través de esta se pueden consultar cotizaciones, gráficos, herramientas financieras, análisis técnico y análisis fundamental de más de 250 mercados. El sitio provee información detallada sobre los precios históricos de Divisas, Índices y Acciones, Futuros y Opciones, Materias Primas, Tasas y Bonos. Investing.com es uno de los principales portales financieros a nivel mundial, que ha ganado una gran cantidad de lectores, ofreciendo características novedosas y secciones especializadas que lo destacan como la fuente principal de información para su audiencia (Investing.com, 2024).

#### **Código fuente escrito en Python**

Un script de Python que realiza un análisis de datos específico tanto en el proceso de los activos en cada uno de los escenarios, así como, la aplicación del modelo de Markowitz, la simulación Montecarlo y el Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe para cada escenario.

## **Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Con respecto a las técnicas e instrumentos usados para la recolección de la información, en esta investigación se usaron recursos de tipo cuantitativo.

### ***Objetivo***

Recopilar datos precisos y sistemáticos sobre los precios de cierre diario de las acciones que componen el índice MSCI COLCAP en la BVC durante el periodo 2015-2023, para calcular las tendencias del mercado y realizar pronósticos financieros.

### ***Fuente de Datos***

La fuente seleccionada para la recolección de datos es el sitio web Investing.com, reconocido por su fiabilidad y la actualización en tiempo real de los precios de las acciones.

### ***Método de Recolección***

Acceder a la página web de Investing.com sección de “Mercados” seleccionar la opción “Acciones” y posteriormente “América”. Una vez allí se debe seleccionar en el menú desplegable el índice “COLCAP” para visualizar las veinticinco acciones que cotizan en la BVC con este índice bursátil y poder acceder a la información histórica de los precios de las acciones.

El proceso debe repetirse desde la sección “Mercados” seleccionar la opción “Índices” y posteriormente “América” Una vez allí se debe seleccionar en el menú desplegable el índice “COLCAP” para obtener la información histórica del precio del índice bursátil.

### ***Descarga de Datos***

Una vez seleccionado el activo de interés se ubica la pestaña “Información histórica” y se selecciona el rango de fechas deseado; una vez cargada la información se selecciona la opción “Exportar cvs”. Los datos serán descargados en formato Excel.

### ***Frecuencia de Recolección***

Los datos se descargarán en tres intervalos 2015-2019 corresponde al periodo antes de la pandemia, 2020 corresponde al periodo de pandemia y 2021-2023 corresponde al periodo post pandemia. El archivo a descargar entregara los precios de cierre diarios para cada periodo incluyendo únicamente las fechas de días en los que la BVC tiene operación bursátil.

### ***Herramientas y Técnicas***

Se emplearán bibliotecas de Python para el tratamiento, procesamiento y almacenamiento de los mismos.

### ***Análisis de Datos***

Los datos recolectados se analizarán utilizando técnicas estadísticas y econométricas para identificar patrones, correlaciones y tendencias en los precios de las acciones, empleando el lenguaje de programación de Python para realizar los análisis correspondientes.

### **Procedimiento**

Este análisis se fundamenta en los datos diarios de las empresas con mayor liquidez en Colombia y abarca un período de tiempo que comprende desde 2015 hasta 2023. Este lapso se divide en tres sub-muestras con el propósito de examinar la respuesta de los mercados en dos contextos distintos<sup>1</sup>: uno caracterizado por la estabilidad, otro por la reacción ante la pandemia, y el tercero en el período posterior a la pandemia.

### ***Obtención de los datos***

Tal como lo estipula el apartado metodológico, se descargarán desde la plataforma de Investing.com los precios de cierre diario de las acciones que componen el índice MSCI

---

<sup>1</sup> Las submuestras como también el nombre de las acciones estarán expuestas una vez se determine los periodos definitivos, esto se hace en la etapa de los resultados pues es necesario un análisis inicial de las series temporales.

COLCAP divididos en tres subgrupos, los cuales constituyen los escenarios propuestos para el análisis: ex antes 2015-2019, durante 2020 y ex post 2021-2023. Así mismo, se obtendrán los precios de cierre diario del índice bursátil MSCI COLCAP el cual corresponde a la referencia del mercado y finalmente los rendimientos diarios del TES 2015-2045 los cuales serán usados para calcular la Tasa Libre de Riesgo (TLR). La plataforma entrega la información en formato cvs compatible con Microsoft Excel y estos datos debes ser tratados de tal manera que obtengamos una serie de tiempo para cada escenario propuesto. Finalmente, con esta serie de tiempo se crea el DataFrame en Python.

### ***Selección de los activos***

Una vez creado el DataFrame en Python, se procede a calcular los rendimientos diarios de los activos en términos porcentuales, luego, procedemos a calcular los rendimientos anualizados usando los rendimientos diarios.

El siguiente paso consiste en calcular una serie de medidas estadísticas para cada una de las columnas de los rendimientos diarios: la desviación, coeficiente de variación, Beta, Alfa, riesgo sistemático y riesgo no sistemático. Estos datos serán utilizados junto con la TLR para estimar el índice de Sharpe y el índice de Treynor para cada uno de los activos. Finalmente se crea un DataFrame con las Acciones de Interés las cuales serán aquellas con Sharpe y Treynor positivos.

### ***Construir la matriz de Covarianzas***

Se procede a construir la matriz de covarianzas; La covarianza mide cómo dos variables varían juntas. Si los valores de las dos variables tienden a incrementarse y disminuir simultáneamente, la covarianza será positiva. Si una variable tiende a incrementarse cuando la otra disminuye, la covarianza será negativa (Martínez, 2012, p. 234).

### **Modelo de Markowitz**

Crear el DataFrame de las acciones seleccionadas con los precios diarios y calcular el retorno esperado de la cartera de activos utilizando pesos aleatorios asignados a cada activo.

#### **Modelo matemático**

Para iniciar el cálculo del portafolio de Markowitz se inicia en primer lugar con el cálculo de los retornos  $\mu$  de las acciones y se determina su promedio diario con  $\bar{\mu}$  (ver ecuación 1). Una vez hallados los retornos se procede a calcular su volatilidad  $\sigma$  a través de la diferencia de las muestras al cuadrado (ver ecuación 2).

$$\mu_i = \frac{P_i}{P_{i-1}} - 1; \bar{\mu} = \frac{\sum_i^n \mu}{N} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{x_i - \bar{x}^2}{n - 1}}; \bar{\sigma} = \frac{\sum_i^n \sigma}{N} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2)$$

Una vez hallados la rentabilidad promedio, se procede a convertirlo en una tasa periódica diaria  $I_{pd}$  (ver ecuación 3 y 4), y después a manejar a una tasa compuesta anual  $I_{ea}$ .

$$I_{pd} = \ln(1 + \bar{\mu}); I_{ea} = (1 + I_{pd})^{252} - 1 \quad (3)$$

Y para la volatilidad de tiene que una efectiva anual bajo la siguiente ecuación:

$$\sigma_{ea} = (1 + \bar{\sigma})^{252 - \frac{1}{2}} \quad (4)$$

La versión matemática principal del modelo de Markowitz, expresada, se enfoca en encontrar los pesos  $w_i$  que buscan maximizar el rendimiento anticipado del portafolio, al mismo tiempo que se cumple con un nivel máximo de riesgo permitido. En otras palabras, esto implica:

$$MaxE[R_p] = \prod_{i=1}^n w_i \cdot E[R_i] \quad (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

La restricción en la maximización indica que la suma de los pesos de todos los activos en el portafolio sea igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (6)$$

Donde:

$E[R_p]$  : es el rendimiento esperado del portafolio.

$w_i$  : es el peso del activo  $i$  en el portafolio.

$E[R_i]$  : es el rendimiento esperado del activo  $i$ .

La matriz de covarianza mide el riesgo al calcular la volatilidad de una cartera; a mayor covarianza entre activos, mayor será el riesgo. Así mismo revela cómo los activos se relacionan entre sí: activos con baja covarianza o correlación inversa pueden reducir el riesgo total de la cartera.

$$s = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \prod R_{it} - \bar{R}_i = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad (i = 1, \dots, n)$$

Donde:

$R_{it}$ : es el rendimiento del activo  $i$  en el periodo  $t$

$\bar{R}_i$ : es el promedio de los rendimientos del activo  $i$  al largo del  $T$

(7)

$T$  : es el número de periodos de datos históricos.

La volatilidad del portafolio se calcula considerando la matriz inversa de la covarianza entre los activos en el portafolio y sus respectivos pesos.

$$\sigma_i = \sqrt{w_i \cdot s^t} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (8)$$

El Ratio de Sharpe se utiliza para medir la relación entre el rendimiento exceso (rendimiento por encima de la tasa libre de riesgo  $r_f$ ) y el riesgo asumido en un portafolio.

$$\varphi_i = \frac{E[R_i] - r_f}{\sigma_i} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (9)$$

### ***Número óptimo de portafolios***

Como resultado del proceso de optimización se obtendrán dos portafolios, un portafolio con la mínima varianza y un portafolio con la máxima rentabilidad. El paso siguiente es calcular una serie de portafolios entre la cartera con mínimo riesgo y la cartera con máximo retorno, es decir, determinar un número óptimo de combinaciones que asocien un retorno esperado para un nivel de riesgo dado.

Se aplica el método de Sturges; la regla de Sturges es un método utilizado para decidir el número óptimo de clases o intervalos necesarios para representar estudiar un conjunto de datos estadísticos. Fue propuesta en 1926 por el matemático alemán Herbert Sturges (Sturges, 1926).

$$k = 1 + 3,322 * \ln(N)$$

Donde:

K: número óptimo de clases

N: número de observaciones

Para calcular el número óptimo de portafolios en este caso específico. Utilizamos  $N$  para representar las observaciones tomadas en la muestra, que en este caso corresponden la sumatoria de los datos obtenidos para cada activo durante el periodo de análisis, por lo tanto, tenemos  $N = 2192$  observaciones lo que nos lleva a la conclusión de que se requieren aproximadamente  $26,55 \cong 27$  portafolios.

$$k = 1 + 3,322 * \ln(2192) = 26,55$$

### ***Simulación Montecarlo***

Utilizando el lenguaje de programación de Python se implementa una simulación de Monte Carlo para optimizar una cartera de inversiones utilizando el Ratio de Sharpe. El código utilizado permite simular múltiples carteras, evaluar sus rendimientos y volatilidades, y determinar cuál cartera maximiza el Ratio de Sharpe, lo que implica el mejor balance entre retorno y riesgo ajustado por la tasa libre de riesgo.

### ***Optimizador de SciPy***

Este código en Python utiliza el módulo “*optimize*” de SciPy para maximizar el Ratio de Sharpe de una cartera de activos, es decir, encuentra la combinación óptima de pesos para los activos que maximiza el rendimiento ajustado por riesgo.

El objetivo de este código es encontrar la cartera de activos que ofrece el mayor rendimiento ajustado por riesgo, es decir, maximizar el Ratio de Sharpe. Utiliza una técnica de optimización numérica (algoritmo SLSQP - Sequential Least Squares Programming) para ajustar los pesos de los activos dentro de las restricciones y límites especificados.

La función “get\_ret\_vol\_sr” calcula los indicadores clave (retorno, volatilidad y Ratio de Sharpe) para una cartera dada. Luego, se define “neg\_sr” para convertir el problema de maximización en uno de minimización, que es lo que espera “*optimize.minimize*”.

Finalmente, la función “optimize.minimize” encuentra los pesos óptimos que cumplen con las restricciones (la suma de los pesos es 1 y cada peso está entre 0 y 1) y maximizan el Ratio de Sharpe, almacenando estos pesos en “*optimal\_weights*”.

### **Consideraciones Éticas**

De acuerdo con lo establecido en la Ley 23 de 1982 emitida por el Congreso de la República, las disposiciones generales establecidas por la Dirección Nacional de Derechos de Autor (DNDA), así mismo, siguiendo los lineamientos del Decreto No 1268 de 1977 por el cual se aprueba el código de ética profesional para la profesión de economista y según lo establecido en artículo 5; el equipo investigador declara proceder de buena fe, en forma veraz, digna y legal en el desarrollo de esta investigación.

En virtud de lo anterior, se declara que todas las fuentes bibliográficas consultadas han sido debidamente referenciadas de acuerdo al manual de normas APA Séptima edición, en el caso de fuentes citadas por otros autores, se han revisado los documentos originales para establecer la veracidad de la fuente, evaluar el contexto y citar al autor original en la mayoría de los casos salvo algunas excepciones en las que no fue posible acceder al documento original.

Finalmente, el equipo investigador da fe de que los resultados obtenidos y los productos generados en el desarrollo de esta investigación son fiables y legítimos, de la autoría intelectual de los investigadores, siguiendo los principios éticos y morales establecidos bajo las normativas vigentes y las establecidas por la Universidad Popular del Cesar.

## **CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS**

### **Identificación de las Acciones con Mejor desempeño de Bursatilidad**

En el marco de este estudio, el primer objetivo específico se enfoca en la identificación de acciones que han destacado por su elevado desempeño en la bolsa de valores de Colombia durante el periodo que abarca desde 2015 hasta 2023, particularmente en el contexto desafiante de la pandemia del COVID-19. En relación a lo anterior, se aborda de manera particular los desafíos y oportunidades que surgieron en tres escenarios distintos. Estos escenarios se dividen en: el escenario 1, que abarca los años anteriores al impacto del COVID-19 (2015-2019), el escenario 2, que corresponde al periodo del COVID-19 (2020), y finalmente, el escenario 3, que se concentra en el periodo post-COVID (2021-2023).

En el análisis se propone utilizar procedimientos técnicos ampliamente aceptados en el ámbito financiero para discernir aquellas acciones que han destacado en cada uno de estos escenarios, considerando no solo la rentabilidad histórica sino también la capacidad de mantener una liquidez destacada en condiciones de volatilidad específicas de cada fase. Esta estructura temporal permitirá no solo evaluar el rendimiento bursátil a lo largo del tiempo, sino también entender cómo las dinámicas del mercado colombiano respondieron a los desafíos y cambios económicos asociados a la pandemia. Al adoptar este enfoque analítico, se busca ofrecer una visión más completa y estratificada, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en el cambiante entorno del mercado accionario.

Así mismo, emplear estos procedimientos técnicos permitirá identificar las acciones que hayan sobresalido por sus elevados índices de Treynor y Sharpe, con respecto al rendimiento del índice COLCAP, en cada uno de los escenarios mencionados. Estas acciones seleccionadas

conformarán un portafolio específico para cada escenario, permitiendo así una evaluación más detallada de su desempeño individual y colectivo a lo largo del tiempo.

Al considerar esta metodología, se busca no solo entender la respuesta de las acciones a los eventos específicos de cada fase, sino también construir un panorama integral que respalde la toma de decisiones estratégicas. Este enfoque, al incluir la formación de portafolios específicos para cada escenario, proporcionará perspectivas valiosas sobre cómo las acciones se han comportado en diferentes contextos económicos, brindando así una visión más completa y adaptada a la complejidad del mercado accionario colombiano.

#### ***Composición del COLCAP:***

La cartera del índice COLCAP está compuesta por los 20 emisores y las 25 acciones más líquidas en el mercado, asignando ponderaciones basadas en la capitalización de mercado ajustada, sin restricciones de participación. La revisión y actualización de las acciones incluidas se llevan a cabo de forma anual, posterior al cierre del último día hábil de noviembre. La composición de esta cesta permanece en vigor desde el primer día hábil de diciembre hasta el último día hábil de noviembre del siguiente año. Además, cada trimestre, se realiza un rebalanceo del índice para reflejar los cambios en los componentes y sus ponderaciones en términos de capitalización (BVC, 2024).

La Bolsa de Valores de Colombia (BVC) emite un boletín informativo que presenta la selección definitiva de acciones del índice después del cierre del mercado del día hábil anterior a su entrada en vigencia y antes de la apertura del mercado del día en que comienza su validez. A continuación, se detalla el grupo de empresas que forman parte del COLCAP.

Tabla 2

*Relación de Activos que Conforman el Índice COLCAP*

<b>RELACIÓN DE LOS VEINTICINCO ACTIVOS QUE COMPONEN EL ÍNDICE COLCAP</b>		
<b>EMPRESA</b>	<b>COTIZACIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
Bancolombia	BCOLOMBIA	COB07PA00078
Banco de Bogotá	BOGOTA	COB01PA00030
Bolsa de Valores de Colombia	BVC	COR01PA00010
Celsia	CELSIA	COT60PA00038
Cementos Argos	CEMARGOS	COD38PA00046
Canacol Energy	CNEC	CA1348082035
Corporación Financiera Colombiana	CORFICOLCF	COJ12PA00048
Ecopetrol	ECOPETROL	COC04PA00016
Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá	ETB	COI13PA00014
Grupo Energía Bogotá	GEB	COE01PA00026
Grupo Bolívar	GRUBOLIVAR	COT23PA00028
Grupo Argos	GRUPOARGOS	COT09PA00035
Grupo Inversiones Suramericana	GRUPOSURA	COT13PA00086
Interconexión Eléctrica	ISA	COE15PA00026
Mineros	MINEROS	COC07PA00027
Grupo Nutresa	NUTRESA	COT04PA00028
Grupo Aval	PFAVAL	COT29PA00058
Bancolombia Acciones Preferentes	PFBCOLOM	COB07PA00086
Cementos Argos	PFCEMARGOS	COD38PA00053
Corporación Financiera Colombiana Acciones Preferentes	PFCORFICOL	COJ12PA00097
Banco Davivienda	PFDVVNDA	COB51PA00076
Grupo Argos Acciones Preferentes	PFGRUPOARG	COT09PA00043
Grupo Inversiones Suramericana	PFGRUPSURA	COT13PA00060
Promigas	PROMIGAS	COI04PA00021

Nota: La tabla contiene la información técnica de cada una de las empresas que cotizan en la BVC y que pertenecen al índice COLCAP.

Fuente: Bolsa de valores de Colombia, 2023.

En el contexto de este análisis, se llevarán a cabo cálculos cruciales para evaluar el desempeño de las acciones seleccionadas. Estos cálculos incluirán el cálculo promedio de los rendimientos anuales, la desviación estándar, el coeficiente de variación, Beta de los activos con

respecto al COLCAP, Alfa de los activos con respecto al mercado COLCAP, riesgo sistemático y no sistemático y finalmente la estimación de los índices de Treynor y Sharpe.

Estas métricas se aplicarán con el propósito de identificar de manera precisa las acciones que han sobresalido en términos de rentabilidad y estabilidad en el mercado accionario de Colombia durante los escenarios específicos definidos.

### ***Cálculo de los Rendimientos:***

El rendimiento representa la variación en el valor de una inversión durante un período específico, considerando tanto las utilidades de capital, así como los dividendos. Este cálculo proporciona una visión completa de cómo una acción ha generado retorno para los inversores.

### ***Estimación de la Desviación Estándar:***

La desviación estándar es una medida estadística de dispersión que indica cuánto varían los rendimientos diarios de un activo con respecto a su media. En el contexto de los rendimientos diarios, la desviación estándar mide la volatilidad o el riesgo asociado con el rendimiento del activo (Martínez, 2013, p. 45).

### ***Coefficiente de Variación:***

El Coeficiente de Variación (CV) es una medida estadística que expresa la desviación estándar de los rendimientos en relación con la media de los rendimientos. Es una medida útil para comparar el grado de variabilidad, especialmente cuando las medias de los datos son diferentes. El CV se obtiene como el cociente entre la desviación estándar y la media de los rendimientos anuales (Martínez, 2013, p. 78).

***Beta de los activos:***

La beta es una medida utilizada en finanzas para evaluar que tan sensible es el rendimiento de un activo con respecto al rendimiento del mercado en general. Se calcula comparando los rendimientos del activo con los rendimientos de un índice de referencia del mercado en este caso el COLCAP.

El coeficiente beta es una medida de la volatilidad, de un valor o una cartera en comparación con el mercado en su conjunto. Se utiliza en el modelo de valoración de activos financieros para estimar el rendimiento esperado de un activo basado en su beta y el rendimiento esperado del mercado (Martínez, 2013, p. 134).

***Alfa de los Activos***

En el ámbito financiero, el alfa representa el rendimiento excedente de un activo financiero o una cartera de inversiones en relación con su rendimiento esperado basado en su riesgo sistemático (representado por la beta) y el rendimiento del mercado.

***Riesgo Sistemático***

El riesgo sistemático, en el contexto financiero, se refiere al riesgo inherente a todo el sistema económico o a un segmento específico del mercado, que afecta a una amplia gama de activos y no se puede eliminar mediante la diversificación de la cartera. Es el riesgo asociado con los factores macroeconómicos y de mercado que afectan a todos los activos en una clase o sector determinado (Bodie, et al. 2014).

***Riesgo no Sistemático***

El riesgo no sistemático, se refiere al riesgo que es específico de un activo o una empresa individual y que puede ser eliminado o reducido mediante la diversificación de la cartera; a diferencia del riesgo sistemático, que afecta a todos los activos en un mercado o segmento

específico y no puede ser diversificado, el riesgo no sistemático es único para cada activo y puede ser mitigado al mantener una cartera diversificada que incluya una variedad de activos con diferentes perfiles de riesgo (Bodie, et al. 2014).

### ***Índice de Sharpe e Índice de Treynor***

La ratio de Sharpe y la ratio de Treynor son dos métricas comúnmente utilizadas en el mundo de las finanzas para evaluar el desempeño de las carteras de inversión. Ambas ratios proporcionan información sobre los rendimientos ajustados al riesgo de una cartera, pero difieren en términos de sus metodologías de cálculo y los riesgos específicos que consideran. El índice de Sharpe utiliza la desviación estándar de los rendimientos de la cartera como medida del riesgo total, mientras que el índice de Treynor utiliza la beta como medida del riesgo sistemático (Gomero, 2014).

Al aplicar estos cálculos a las acciones seleccionadas en cada uno de los escenarios definidos, se pretende identificar aquellas que no solo han demostrado un rendimiento destacado sino también una consistencia en su comportamiento en situaciones pre-COVID, durante el COVID y post-COVID. Este enfoque analítico permitirá la formación de un portafolio sólido y estratégico que refleje las dinámicas específicas de cada periodo, ofreciendo así valiosos puntos de vista para la toma de decisiones de inversión.

### **Selección de activos para la aplicación de modelo de Markowitz**

El proceso de selección de activos para la aplicación del modelo de Markowitz inicia con la obtención de la matriz de precios, esta matriz de precios es una serie de temporal, un listado en orden cronológico que contiene los precios diarios de cotización al cierre de la operación bursátil iniciando con el índice COLCAP que representa el mercado, así como, de cada uno de los activos que lo conforman.

Una vez obtenida la matriz de precios, se deben calcular los rendimientos diarios de los activos y el promedio anual de estos rendimientos. A partir de aquí, se aplicaron una serie de métodos estadísticos con el fin de obtener la información necesaria para estimar los índices de Treynor y Sharpe para cada uno de los activos que componen la matriz.

Finalmente se seleccionan los activos de interés utilizando como parámetro aquellos cuyos índices de Treynor y Sharpe sean positivos y significativos.

### ***Escenario 1 - Antes del COVID-19 (2015-2019)***

Con la matriz de precios se ha creado un DataFrame en Python en el cual se ha eliminado la columna fecha dado que Python organiza las series de tiempo de manera ordinal.

#### **Matriz de precios**

##### *Ilustración 2*

##### *Matriz de Precios Escenario 1 Antes de Pandemia 2015-2019*

	COLCAP	BANCOLOMBIA	BANCOLOMBIAPF	NUTRESA	BANCODAVIVIENDAPF	PROMIGAS	\
0	1483.89	27640	28480	28000.0	27100	5400	
1	1418.74	27260	27820	26880.0	25840	5400	
2	1419.92	27460	28180	26660.0	26300	5400	
3	1422.20	27200	27960	26660.0	26500	5400	
4	1433.37	26600	27380	27680.0	27380	5400	
	CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA	ETB	CEMENTOSARGOS	CEMENTOSARGOSPF	...	\	
0		34320.75	507	10080	9650	...	
1		34320.75	507	9080	9210	...	
2		34320.75	507	9140	9050	...	
3		34320.75	507	9140	9140	...	

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2015-2019. La serie original contiene 26 columnas que inicia con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF y contiene un total de 1217 observaciones.

Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

## Rendimiento Diario.

### Ilustración 3

Código de Programación de Python para el cálculo de los rendimientos.

```
import numpy as np

# Calcular el rendimiento diario utilizando logaritmos naturales para el
# DataFrame dfprecovid
dfprecovid_rendimientos = pd.DataFrame()
for col in dfprecovid.columns:
    dfprecovid_rendimientos[col] = np.log(df[col] / df[col].shift(1))

# Eliminar la primera fila que contendrá NaN
dfprecovid_rendimientos = dfprecovid_rendimientos.dropna()

# Mostrar las primeras filas del nuevo DataFrame
print(dfprecovid_rendimientos.head())
```

Fuente: <https://stackoverflow.com/questions/31287552/logarithmic-returns-in-pandas-dataframe>

Nota: El código pertenece a la librería de Panda y calcula el rendimiento logarítmico como el logaritmo natural del cociente entre el valor actual y el valor anterior.

Este bucle itera sobre todas las columnas del DataFrame `dfprecovid`. Para cada columna, calcula los rendimientos diarios utilizando la fórmula de rendimiento logarítmico:

$$\text{Rendimiento diario} = \text{Ln} \left( \frac{\text{Valor actual}}{\text{Valor anterior}} \right)$$

#### Ilustración 4

##### Matriz de Rendimientos Diarios COLCAP y Activos 2015-2019

	COLCAP	BANCOLOMBIA	BANCOLOMBIAPF	NUTRESA	BANCODAVIVIENDAPF	\
1	-0.044898	-0.013844	-0.023447	-0.040822		-0.047610
2	0.000831	0.007310	0.012857	-0.008218		0.017645
3	0.001604	-0.009513	-0.007838	0.000000		0.007576
4	0.007823	-0.022306	-0.020962	0.037546		0.032668
5	-0.004615	0.003752	-0.002194	-0.008708		-0.032668
	PROMIGAS	CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA		ETB	CEMENTOSARGOS	\
1	0.0		0.000000	0.000000		-0.104479
2	0.0		0.000000	0.000000		0.006586
3	0.0		0.000000	0.000000		0.000000
4	0.0		0.000000	-0.044362		0.011963
5	0.0		-0.026668	0.026451		-0.001082

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de rendimientos diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2015-2019. La serie original contiene 26 columnas que inicia con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF y contiene un total de 1217 observaciones.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### Rendimiento Anualizado.

#### Ilustración 5

Código de Programación de Python para el cálculo de los rendimientos anuales.

```
# Calcular el rendimiento anualizado utilizando los rendimientos diarios
rendimiento_anualizado = dfprecovid_rendimientos.mean() * 252

# Mostrar los rendimientos anualizados
print(rendimiento_anualizado)
```

Nota: El código pertenece a la librería de Panda y calcula el rendimiento anual

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). *Python.org*. <https://www.python.org/>

Esta línea calcula el rendimiento anualizado multiplicando la media de los rendimientos diarios por 252. El factor 252 se utiliza porque generalmente hay 252 días hábiles en un año financiero estándar.

*Ilustración 6**Matriz de Rendimientos Anualizados.*

COLCAP	0.023544
BANCOLOMBIA	0.096350
BANCOLOMBIAPF	0.098454
NUTRESA	-0.020196
BANCO DAVIVIENDA PF	0.109560
PROMIGAS	0.081453
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	-0.061564
ETB	-0.139197
CEMENTOS ARGOS	-0.066871
CEMENTOS ARGOS PF	-0.109837
CORFICOLOMBIANA	-0.029928
GRUPO BOLIVAR	0.110764
GRUPO AVAL	0.029710
ECOPETROL	0.109435
BVC	0.020647
ISA	0.170715
CELSIA	-0.053175

Nota: Contiene el valor de los rendimientos diarios del COLCAP y los Activos proyectados a un año. Muestra las primeras 17 filas de la columna rendimientos, la serie original contiene un total de 26 filas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## Desviación Estándar Anualizada.

### Ilustración 7

*Código de Programación de Python para el cálculo de la Desviación Estándar.*

```
# Calcular la desviación estándar de cada columna de rendimientos diarios
desviacion_estandar = dfprecovid_rendimientos.std()
```

Nota: El código pertenece a la librería de Panda y calcula la desviación estándar.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Esta línea calcula la desviación estándar de cada columna en el DataFrame `dfprecovid_rendimientos` utilizando el método `.std()`.

### Ilustración 8

*Código de Programación de Python para el cálculo de la Desviación Estándar Anualizada.*

```
# Ajustar la desviación estándar para un año completo (252 días)
desviacion_anualizada = desviacion_estandar * (252 ** 0.5)
```

Nota: El código pertenece a la librería de Panda y calcula la desviación estándar anual

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Luego, la desviación estándar se ajusta multiplicándola por la raíz cuadrada de 252. Esto se hace porque la desviación estándar es una medida de dispersión en la misma escala que los datos originales, mientras que el rendimiento anualizado se mide en términos de la variabilidad esperada en un año, y por lo tanto necesita ser escalado en consecuencia.

*Ilustración 9*

*Matriz de desviaciones estándar Anualizadas.*

COLCAP	0.132520
BANCOLOMBIA	0.246707
BANCOLOMBIAPF	0.227238
NUTRESA	0.170440
BANCODAVIVIENDAPF	0.213487
PROMIGAS	0.241052
CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA	0.253032
ETB	0.304474
CEMENTOSARGOS	0.241873
CEMENTOSARGOSPF	0.251174
CORFICOLOMBIANA	0.221872
GRUPOBOLIVAR	0.181483
GRUPOAVAL	0.200746
ECOPETROL	0.331963
BVC	0.217297
ISA	0.249195
CELSIA	0.233974
TERPEL	0.287979
MINEROS	0.276765
CANACOLENERGY	0.393784
BANCOBOGOTA	0.205257
GRUPOENERGÍABOGOTÁ	0.167620
GRUPOARGOS	0.242531
GRUPOARGOSPF	0.249741
SURAMERICANA	0.197539
SURAMERICANAPF	0.217091
dtype: float64	

Nota: Contiene el valor de las desviaciones estándar del COLCAP y los Activos proyectados a un año.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## Coeficiente de Variación.

### Ilustración 10

Código de Programación de Python para el cálculo del Coeficiente de Variación.

```
# Calcular el coeficiente de variación para cada acción
coeficiente_variacion = desviacion_anualizada / rendimiento_anualizado

# Mostrar el coeficiente de variación para cada acción
print(coeficiente_variacion)
```

Nota: El código pertenece a la librería de Panda y calcula el coeficiente de variación para el COLCAP y los Activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Esta línea calcula el coeficiente de variación dividiendo la desviación estándar anualizada por el rendimiento anualizado para cada acción.

### Ilustración 11

Matriz de Coeficientes de Variación.

COLCAP	0.056287
BANCOLOMBIA	0.025605
BANCOLOMBIAPF	0.023080
NUTRESA	-0.084392
BANCODAVIVIENDAPF	0.019486
PROMIGAS	0.029594
CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA	-0.041100
ETB	-0.021873
CEMENTOSARGOS	-0.036170
CEMENTOSARGOSPF	-0.022868
CORFICOLOMBIANA	-0.074135
GRUPOBOLIVAR	0.016385
GRUPOAVAL	0.067568
ECOPETROL	0.030334
BVC	0.105244
ISA	0.014597
CELSIA	-0.044001
TERPEL	-0.024581
MINEROS	0.044049
CANACOLENERGY	0.022090
BANCOBOGOTA	0.039128
GRUPOENERGÍABOGOTÁ	0.025924
GRUPOARGOS	-0.108873
GRUPOARGOSPF	-0.029260
SURAMERICANA	-0.061501
SURAMERICANAPF	-0.038731
dtype: float64	

Nota: Contiene el valor del coeficiente de variación de la serie para los Activos.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## BETAS

### Ilustración 12

Código de Programación de Python para el Cálculo del Beta del COLCAP y de los Activos.

```

from scipy.stats import linregress

# Calcular la pendiente para cada columna
pendientes = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    slope, intercept, r_value, p_value, std_err =
    linregress(dfprecovid_rendimientos['COLCAP'],
    dfprecovid_rendimientos[columna])
    pendientes[columna] = slope

# Mostrar las pendientes de cada columna
for columna, pendiente in pendientes.items():
    print(f"BETA {columna}: {pendiente}")

```

Nota: El código pertenece a la librería linregress de scipy.stats para realizar regresiones lineales.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Este código utiliza la función linregress para calcular la pendiente (beta) de una regresión lineal entre los rendimientos diarios de las acciones y los rendimientos diarios del mercado, representados por la columna 'COLCAP'.

*Ilustración 13**Matriz de los coeficientes Beta.*

```
BETA PROMIGAS: 0.09183779851867405
BETA CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA: 0.187857379631279
BETA ETB: 0.23390065810273203
BETA CEMENTOSARGOS: 0.9936644385976229
BETA CEMENTOSARGOSPF: 0.816459329358246
BETA CORFICOLOMBIANA: 0.661996864030432
BETA GRUPOBOLIVAR: 0.04867726602478708
BETA GRUPOAVAL: 0.8225903619658872
BETA ECOPETROL: 1.5810736068136497
BETA BVC: 0.19429596134038
BETA ISA: 1.0048790915120815
BETA CELSIA: 0.7648438678418247
BETA TERPEL: 0.06421829570628958
BETA MINEROS: 0.09633677596858393
BETA CANACOLENERGY: 0.8104891035573077
BETA BANCOBOGOTA: 0.47718349909567637
BETA GRUPOENERGÍABOGOTÁ: 0.33760210816946273
BETA GRUPOARGOS: 1.1284796277605114
BETA GRUPOARGOSPF: 1.035634694542241
BETA SURAMERICANA: 1.0492258804802377
BETA SURAMERICANAPF: 1.0452613071140489
```

Nota: Contiene los coeficientes Beta de una regresión lineal que modela el comportamiento de los activos frente al COLCAP. La serie original contiene un total de 26 filas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## ALFAS

### Ilustración 14

Código de Programación de Python para el Cálculo del coeficiente Alfa del COLCAP y de los Activos.

```
from scipy.stats import linregress

# Calcular la pendiente y la intersección para cada columna
resultados_regresion = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    slope, intercept, r_value, p_value, std_err = linregress(dfprecovid_rendimientos['COLCAP'], dfprecovid_rendimientos[columna])
    resultados_regresion[columna] = intercept

# Mostrar las intersecciones de cada columna
for columna, interseccion in resultados_regresion.items():
    print(f"ALFA {columna}: {interseccion}")
```

Nota: El código pertenece a la librería linregress de scipy.stats para realizar regresiones lineales.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Este código en Python utiliza la función linregress de la biblioteca scipy.stats para calcular la intersección (alfa) de una regresión lineal entre los rendimientos diarios de las acciones y los rendimientos diarios del mercado representados por la columna 'COLCAP'.

### Ilustración 15

Matriz de Coeficientes Alfa par ale COLCAP y los Activos.

```
ALFA COLCAP: 0.0
ALFA BANCOLOMBIA: 0.0002705501719508595
ALFA BANCOLOMBIAPF: 0.0002789736291206284
ALFA NUTRESA: -0.00013580740126824668
ALFA BANCODAVIVIENDAPF: 0.00035804661323935274
ALFA PROMIGAS: 0.0003146456733678516
ALFA CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA: -0.00026185333487491115
ALFA ETB: -0.0005742235006385021
ALFA CEMENTOSARGOS: -0.00035819613667926965
ALFA CEMENTOSARGOSPF: -0.000512140186464382
```

Nota: Contiene los coeficientes Alfa de una regresión lineal que modela el comportamiento de los activos frente al COLCAP. La serie original contiene un total de 26 filas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## Riesgo Sistemático.

### Ilustración 16

Código de programación de Python para calcular el Riesgo Sistemático.

```
# Calcular el riesgo sistemático para cada acción
resultados_riesgo_sistemático = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    if columna != 'COLCAP':
        beta = pendientes[columna] # Utilizamos las pendientes calculadas
        # previamente
        desviacion = dfprecovid_rendimientos[columna].std() * np.sqrt(252) #
        # Calculamos la desviación estándar anualizada

        # Calcular riesgo sistemático (en porcentaje)
        riesgo_sistemático = (beta ** 2) * (desviacion ** 2) * 100

        resultados_riesgo_sistemático[columna] = riesgo_sistemático

# Riesgo sistemático para COLCAP es 100%
resultados_riesgo_sistemático['COLCAP'] = 100.0

# Mostrar los resultados de riesgo sistemático para cada acción
for columna, riesgo_sistemático in resultados_riesgo_sistemático.items():
    print(f"Riesgo sistemático para {columna}: {riesgo_sistemático:.2f}%")
```

Nota. El código pertenece a la Librería de Panda y calcula el riesgo sistemático para el COLCAP y los Activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Este código itera sobre cada columna en el DataFrame `dfprecovid_rendimientos`. Para cada columna (acción), se calcula el riesgo sistemático utilizando la fórmula:

$$\text{Riesgo sistemático} = (\text{Beta})^2 * (\text{Desviación estándar})^2 * 100$$

Donde Beta es el coeficiente de regresión lineal previamente calculado y la desviación estándar se ajusta a una base anual (252 días).

*Ilustración 17**Matriz de Riesgo Sistemático.*

```

Riesgo sistemático para BANCOLOMBIA: 8.71%
Riesgo sistemático para BANCOLOMBIAPF: 7.38%
Riesgo sistemático para NUTRESA: 1.03%
Riesgo sistemático para BANCODAVIVIENDAPF: 3.07%
Riesgo sistemático para PROMIGAS: 0.05%
Riesgo sistemático para CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA: 0.23%
Riesgo sistemático para ETB: 0.51%
Riesgo sistemático para CEMENTOSARGOS: 5.78%

```

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de riesgo sistemático asociado a los activos. La serie original contiene un total de 2 columnas iniciando con la acción de BANCOLOMBIA y finaliza con el COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

**Riesgo no Sistemático.***Ilustración 18**Código de programación de Python para calcular el Riesgo no Sistemático.*

```

# Calcular el riesgo no sistemático para cada acción
resultados_riesgo_no_sistemático = {}
for columna, riesgo_sistemático in resultados_riesgo_sistemático.items():
    riesgo_no_sistemático = 100 - riesgo_sistemático
    resultados_riesgo_no_sistemático[columna] = riesgo_no_sistemático

# Mostrar los resultados de riesgo no sistemático para cada acción
for columna, riesgo_no_sistemático in resultados_riesgo_no_sistemático.items():
    print(f"Riesgo no sistemático para {columna}: {riesgo_no_sistemático:.2f}%")

```

Nota. El código pertenece a la Librería de Panda y calcula el riesgo no sistemático para el COLCAP y los Activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). *Python.org*. <https://www.python.org/>

Este bucle itera sobre cada elemento en el diccionario `resultados_riesgo_sistemático`. Para cada acción, se calcula el riesgo no sistemático restando el riesgo sistemático del 100%. El riesgo no sistemático representa la parte del riesgo total de una acción que no puede ser explicada por los movimientos generales del mercado.

*Ilustración 19**Matriz de Riesgo no Sistemático.*

Riesgo no sistemático para BANCOLOMBIA: 91.29%
Riesgo no sistemático para BANCOLOMBIAPF: 92.62%
Riesgo no sistemático para NUTRESA: 98.97%
Riesgo no sistemático para BANCODAVIVIENDAPF: 96.93%
Riesgo no sistemático para PROMIGAS: 99.95%
Riesgo no sistemático para CORPORACIONFINANCIERACOLOMBIANA: 99.77%
Riesgo no sistemático para ETB: 99.49%
Riesgo no sistemático para CEMENTOSARGOS: 94.22%
Riesgo no sistemático para CEMENTOSARGOSPF: 95.79%
Riesgo no sistemático para CORFICOLOMBIANA: 97.84%
Riesgo no sistemático para GRUPOBOLIVAR: 99.99%
Riesgo no sistemático para GRUPOAVAL: 97.27%
Riesgo no sistemático para ECOPETROL: 72.45%
Riesgo no sistemático para BVC: 99.82%
Riesgo no sistemático para ISA: 93.73%
Riesgo no sistemático para CELSIA: 96.80%
Riesgo no sistemático para TERPEL: 99.97%

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de riesgo no sistemático asociado a los activos. La serie original contiene un total de 26 filas iniciando con la acción de BANCOLOMBIA y finaliza con el COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### **Índice de Sharpe e Índice de Treynor**

Se define la tasa libre de riesgo, que en este caso se supone que es del 4.64%. La tasa libre de riesgo ha sido definida usando la información de los rendimientos promedio de bono de financiación de gobierno colombiano emitido a través del Ministerio de Hacienda y Crédito Público el 26 de marzo de 2015 con fecha de vencimiento 15 de junio de 2045 con un rendimiento de apertura del 5,41%. (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2015).

### Ilustración 20

Código de programación de Python para calcular el Índice de Sharpe y el Índice de Treynor.

```
# Calcular el índice de Sharpe y el índice de Treynor para cada acción
indices_sharpe = {}
indices_treynor = {}

for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    rendimiento_anualizado = rendimientos_anualizados[columna]
    desviacion_anualizada = desviaciones_estandar_anualizadas[columna]
    beta = pendientes[columna]

    # Índice de Sharpe
    sharpe = (rendimiento_anualizado - tasa_libre_riesgo) /
    desviacion_anualizada

    # Índice de Treynor
    treynor = (rendimiento_anualizado - tasa_libre_riesgo) / beta

    indices_sharpe[columna] = sharpe
    indices_treynor[columna] = treynor
```

Nota. El código pertenece a la Librería de numpy y calcula los índices de Sharpe y Treynor para el COLCAP y los Activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Este código calcula y muestra los índices de Sharpe y Treynor para cada acción utilizando las fórmulas correspondientes.

### Ilustración 21

Matriz de Valores para los índices de Sharpe y Treynor.

Acción	Índice de Sharpe	Índice de Treynor
COLCAP	-0.1725	-0.0229
BANCOLOMBIA	0.2025	0.0417
BANCOLOMBIAPF	0.2291	0.0435
NUTRESA	-0.3907	-0.1118
BANCO DAVIVIENDA PF	0.2959	0.0769
PROMIGAS	0.1454	0.3817
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA		-0.4267
ETB	-0.6096	-0.7935
CEMENTOS ARGOS	-0.4683	-0.1140
CEMENTOS ARGOS PF	-0.6220	-0.1914
CORFICOLOMBIANA	-0.3440	-0.1153
GRUPO BOLIVAR	0.3547	1.3223
GRUPO AVAL	-0.0831	-0.0203
ECOPETROL	0.1899	0.0399
BVC	-0.1185	-0.1325
ISA	0.4989	0.1237
CELSIA	-0.4256	-0.1302
TERPEL	-0.5679	-2.5468
MINEROS	0.0594	0.1706
CANACOLENERGY	0.3349	0.1627
BANCO BOGOTA	0.0295	0.0127
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	0.1089	0.0541
GRUPO ARGOS	-0.2832	-0.0609
GRUPO ARGOS PF	-0.5276	-0.1272
SURAMERICANA	-0.3975	-0.0748
SURAMERICANA PF	-0.4719	-0.0980

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de desempeño del COLCAP y de los activos según la ratio de Sharpe y la ratio de Treynor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### Acciones con Sharpe y Treynor positivos

Se crea un DataFrame que contiene los índices de Sharpe y Treynor para cada acción y luego filtra las acciones que tienen valores positivos tanto para el índice de Sharpe como para el índice de Treynor.

*Ilustración 22*

*Matriz de Activos con Índices de Sharpe y Treynor mayores a cero.*

	Sharpe	Treynor
BANCOLOMBIA	0.202466	0.041745
BANCOLOMBIAPF	0.229075	0.043532
BANCODAVIVIENDAPF	0.295852	0.076918
PROMIGAS	0.145416	0.381683
GRUPOBOLIVAR	0.354654	1.322258
ECOPETROL	0.189886	0.039868
ISA	0.498867	0.123711
MINEROS	0.059369	0.170562
CANACOLENERGY	0.334867	0.162699
BANCOBOGOTA	0.029512	0.012694
GRUPOENERGÍABOGOTÁ	0.108924	0.054081

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de desempeño de los activos seleccionados para integrar el portafolio, según la ratio de Sharpe y la ratio de Treynor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

Finalmente obtenemos como resultado el conjunto de acciones con mejor desempeño las cuales conformaran la cartera para el análisis durante el periodo 2015-2019 anterior a la pandemia.

### ***Escenario 2 - Durante el COVID (2020):***

El año 2020 marcó un punto de inflexión con la propagación mundial del COVID-19. En vista de que, el proceso para la selección de activos es el mismo en los tres escenarios, esto implica que el lenguaje de programación de Python es simétrico, por lo tanto, solo se adjuntarán los resultados.

### **Matriz de precios**

A continuación, se relaciona la matriz de precios que contiene la información de los precios de cierre diario de los activos durante el año 2020.

#### *Ilustración 23*

#### *Matriz de Precios Escenario 2 Pandemia 2020.*

	COLCAP	BANCOLOMBIA	BANCOLOMBIA PF	NUTRESA	BANCO DAVIVIENDA PF	\
0	1658.77	44380	45140	25100	45600	
1	1676.49	44300	45180	25280	45300	
2	1663.83	43800	45480	25060	45500	
3	1656.96	43460	45600	25020	45480	
4	1653.54	43300	44540	25020	44680	
	PROMIGAS	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	ETB	CEMENTOS ARGOS	\	
0	7710		25880	259.0	7120	
1	8240		26000	260.0	7000	
2	8240		26160	260.0	6950	
3	8240		25700	260.0	6880	

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2020. La serie original contiene un total de 26 columnas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF y un total de 243 observaciones.

Fuente: Elaboración propia, datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

## Rendimiento Diario

Se calculan los rendimientos promedio diario utilizando la función logaritmo.

### Ilustración 24

Matriz de Rendimientos Diarios COLCAP y Activos 2020.

	PROMIGAS	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	ETB	CEMENTOS ARGOS	\	
1	0.066482	0.004626	0.003854	-0.016998		
2	0.000000	0.006135	0.000000	-0.007168		
3	0.000000	-0.017741	0.000000	-0.010123		
4	-0.029559	0.000000	0.052446	-0.010227		
5	-0.003757	0.000000	0.000000	-0.005891		
	CEMENTOS ARGOS PF	... CELSIA	TERPEL	MINEROS	CANACOL ENERGY	\
1	0.016173	... 0.020248	0.000000	0.001523	0.006780	
2	-0.017986	... -0.002230	0.029559	-0.001523	-0.027399	
3	-0.001817	... -0.001117	0.000000	-0.007651	-0.019282	
4	0.009050	... 0.001117	0.001940	-0.007710	0.008811	
5	-0.005420	... 0.007782	-0.001940	-0.006211	-0.008811	
	BANCO DE BOGOTA	GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	GRUPO ARGOS	GRUPO ARGOS PF	\	
1	0.042334	0.006764	0.043064	0.002963		
2	-0.031814	0.008949	-0.008466	-0.004448		
3	0.000000	0.006659	-0.008538	-0.007457		
4	0.012939	0.008811	-0.016208	0.001496		
5	0.020226	-0.006601	0.002176	-0.009009		
	SURAMERICANA	SURAMERICANA PF				
1	0.005865	-0.005464				
2	-0.014728	-0.005495				
3	-0.008942	-0.004833				
4	0.000000	-0.004161				
5	0.002392	-0.000695				
	[5 rows x 26 columns]					

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de rendimientos diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2020. La serie original contiene un total de 26 columnas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF y un total de 243 observaciones.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Rendimiento Anualizado

Se calcula el rendimiento anual como el promedio de los rendimientos diarios de cada activo multiplicado por 252 días, los cuales corresponden al año bursátil estándar.

#### *Ilustración 25*

#### *Matriz de Rendimientos Anualizados Escenario 2.*

COLCAP	-0.148805
BANCOLOMBIA	-0.247848
BANCOLOMBIA PF	-0.261963
NUTRESA	-0.046666
BANCO DAVIVIENDA PF	-0.234650
PROMIGAS	0.089255
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	0.012399
ETB	-0.184242
CEMENTOS ARGOS	-0.147440
CEMENTOS ARGOS PF	-0.212743

Nota: Contiene el valor de los rendimientos diarios del COLCAP y los Activos proyectados a un año. La serie original contiene un total de 26 filas iniciando con el COLPAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Desviación Estándar Anualizada.

Se calcula la desviación estándar para cada columna en el DataFrame.

#### Ilustración 26

Matriz de desviaciones estándar Anualizadas Escenario 2.

COLCAP	0.363487
BANCOLOMBIA	0.587665
BANCOLOMBIA PF	0.493867
NUTRESA	0.305881
BANCO DAVIVIENDA PF	0.448943
PROMIGAS	0.392944
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	0.275545
ETB	0.397567
CEMENTOS ARGOS	0.661341
CEMENTOS ARGOS PF	0.549507
CORFICOLOMBIANA	0.416941
GRUPO BOLIVAR	0.365744
GRUPO AVAL	0.454533
ECOPETROL	0.568578
BVC	0.336895
ISA	0.470962
CELSIA	0.341642
TERPEL	0.318806
MINEROS	0.350078
CANACOL ENERGY	0.407192
BANCO DE BOGOTA	0.397694
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	0.361714
GRUPO ARGOS	0.728345
GRUPO ARGOS PF	0.626705
SURAMERICANA	0.558609
SURAMERICANA PF	0.565693
dtype:	float64

Nota: Contiene el valor de las desviaciones estándar del COLCAP y los Activos proyectados a un año.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## Coefficiente de Variación

Se calcula el coeficiente de variación para cada uno de los activos.

### Ilustración 27

Matriz de Coeficientes de Variación Escenario 2.

COLCAP	-0.024427
BANCOLOMBIA	-0.023711
BANCOLOMBIA PF	-0.018853
NUTRESA	-0.065547
BANCO DAVIVIENDA PF	-0.019132
PROMIGAS	0.044025
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	0.222228
ETB	-0.021579
CEMENTOS ARGOS	-0.044855
CEMENTOS ARGOS PF	-0.025830
CORFICOLOMBIANA	0.079061
GRUPO BOLIVAR	-0.021318
GRUPO AVAL	-0.021702
ECOPETROL	-0.013955
BVC	0.135643
ISA	0.017613
CELSIA	0.044329
TERPEL	-0.020299
MINEROS	0.014046
CANACOL ENERGY	-0.031818
BANCO DE BOGOTA	-0.032264
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	0.019131
GRUPO ARGOS	-0.026056
GRUPO ARGOS PF	-0.024090
SURAMERICANA	-0.018102
SURAMERICANA PF	-0.018824
dtype:	float64

Nota: Contiene el valor del coeficiente de variación de la serie para los Activos.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

## BETAS

Se calcula la pendiente (beta) de una regresión lineal entre los rendimientos diarios de las acciones y los rendimientos diarios del mercado, representados por la columna 'COLCAP'.

*Ilustración 28*

*Matriz de los coeficientes Beta Escenario 2.*

```

BETA COLCAP: 1.0
BETA BANCOLOMBIA: 1.3251405478637408
BETA BANCOLOMBIA PF: 1.1522704722914026
BETA NUTRESA: 0.5838159241610807
BETA BANCO DAVIVIENDA PF: 0.9522596514128925
BETA PROMIGAS: 0.23046111600588073
BETA CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA: 0.20424070423503213
BETA ETB: 0.49845654906187825
BETA CEMENTOS ARGOS: 1.502629593189965
BETA CEMENTOS ARGOS PF: 1.0465521642584459
BETA CORFICOLOMBIANA: 0.7906768617434478
BETA GRUPO BOLIVAR: 0.39099283425274994
BETA GRUPO AVAL: 1.0036159495508685
BETA ECOPEPETROL: 1.2515542953044059
BETA BVC: 0.3631299137620136
BETA ISA: 0.9381461407580726
BETA CELSIA: 0.5520759117907024
BETA TERPEL: 0.1909491125204571
BETA MINEROS: 0.49337347122702224
BETA CANACOL ENERGY: 0.4051301918042508
BETA BANCO DE BOGOTA: 0.6703059158504048
BETA GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ: 0.5867016431673465
BETA GRUPO ARGOS: 1.708733423886554
BETA GRUPO ARGOS PF: 1.1865346627415243
BETA SURAMERICANA: 1.352240987869513
BETA SURAMERICANA PF: 1.297831174254504

```

Nota: Contiene los coeficientes Beta de una regresión lineal que modela el comportamiento de los activos frente al COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

## ALFAS

Se calcula la intersección (alfa) de una regresión lineal entre los rendimientos diarios de las acciones y los rendimientos diarios del mercado representados por la columna 'COLCAP'.

### *Ilustración 29*

*Matriz de Coeficientes Alfa par ale COLCAP y los Activos Escenario 2.*

```

ALFA BANCOLOMBIA: -0.00020103467026815576
ALFA BANCOLOMBIA PF: -0.0003591266459220297
ALFA NUTRESA: 0.00015955804866815994
ALFA BANCO DAVIVIENDA PF: -0.00036884882684714464
ALFA PROMIGAS: 0.0004902740502945413
ALFA CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA: 0.00016980621636987183
ALFA ETB: -0.00043678291476611283
ALFA CEMENTOS ARGOS: 0.0003022137099249288
ALFA CEMENTOS ARGOS PF: -0.00022623378147172777
ALFA CORFICOLOMBIANA: 0.0006761617444832349
ALFA GRUPO BOLIVAR: -0.0004499277373263292
ALFA GRUPO AVAL: -0.00023847562137646204
ALFA ECOPETROL: -0.0008777382242740148
ALFA BVC: 0.00031298486032738386
ALFA ISA: 0.0016150309974760127
ALFA CELSIA: 0.0006318264182846825
ALFA TERPEL: -0.0005104807331993039
ALFA MINEROS: 0.0012803958802778523
ALFA CANACOL ENERGY: -0.000268616499602583
ALFA BANCO DE BOGOTA: -9.332356769876395e-05
ALFA GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ: 0.001096721306343938
ALFA GRUPO ARGOS: -0.00010023107996275506
ALFA GRUPO ARGOS PF: -0.00033172114263112977
ALFA SURAMERICANA: -0.00042608370049866955
ALFA SURAMERICANA PF: -0.00042616194758486896

```

Nota: Contiene los coeficientes Alfa de una regresión lineal que modela el comportamiento de los activos frente al COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Riesgo Sistemático.

Se calcula el riesgo sistemático utilizando en el lenguaje de programación de Python la fórmula:

$$\text{Riesgo sistemático} = (\text{Beta})^2 * (\text{Desviación estándar})^2 * 100$$

Donde Beta es el coeficiente de regresión lineal previamente calculado y la desviación estándar se ajusta a una base anual (252 días).

#### Ilustración 30

##### Matriz de Riesgo Sistemático Escenario 2.

Riesgo sistemático para BANCOLOMBIA: 60.64%
Riesgo sistemático para BANCOLOMBIA PF: 32.38%
Riesgo sistemático para NUTRESA: 3.19%
Riesgo sistemático para BANCO DAVIVIENDA PF: 18.28%
Riesgo sistemático para PROMIGAS: 0.82%
Riesgo sistemático para CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA: 0.32%
Riesgo sistemático para ETB: 3.93%
Riesgo sistemático para CEMENTOS ARGOS: 98.75%
Riesgo sistemático para CEMENTOS ARGOS PF: 33.07%
Riesgo sistemático para CORFICOLOMBIANA: 10.87%
Riesgo sistemático para GRUPO BOLIVAR: 2.04%
Riesgo sistemático para GRUPO AVAL: 20.81%
Riesgo sistemático para ECOPETROL: 50.64%
Riesgo sistemático para BVC: 1.50%
Riesgo sistemático para ISA: 19.52%
Riesgo sistemático para CELSIA: 3.56%
Riesgo sistemático para TERPEL: 0.37%
Riesgo sistemático para MINEROS: 2.98%
Riesgo sistemático para CANACOL ENERGY: 2.72%
Riesgo sistemático para BANCO DE BOGOTA: 7.11%
Riesgo sistemático para GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ: 4.50%
Riesgo sistemático para GRUPO ARGOS: 154.89%
Riesgo sistemático para GRUPO ARGOS PF: 55.30%
Riesgo sistemático para SURAMERICANA: 57.06%
Riesgo sistemático para SURAMERICANA PF: 53.90%
Riesgo sistemático para COLCAP: 100.00%

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de riesgo sistemático asociado a los activos.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Riesgo no Sistemático.

Para cada acción, se calcula el riesgo no sistemático restando el riesgo sistemático del 100%. El riesgo no sistemático representa la parte del riesgo total de una acción que no puede ser explicada por los movimientos generales del mercado.

#### *Ilustración 31*

##### *Matriz de Riesgo no Sistemático Escenario 2.*

Riesgo no sistemático para CEMENTOS ARGOS:	1.25%
Riesgo no sistemático para CEMENTOS ARGOS PF:	66.93%
Riesgo no sistemático para CORFICOLMBIANA:	89.13%
Riesgo no sistemático para GRUPO BOLIVAR:	97.96%
Riesgo no sistemático para GRUPO AVAL:	79.19%
Riesgo no sistemático para ECOPETROL:	49.36%
Riesgo no sistemático para BVC:	98.50%
Riesgo no sistemático para ISA:	80.48%
Riesgo no sistemático para CELSIA:	96.44%
Riesgo no sistemático para TERPEL:	99.63%
Riesgo no sistemático para MINEROS:	97.02%
Riesgo no sistemático para CANACOL ENERGY:	97.28%
Riesgo no sistemático para BANCO DE BOGOTA:	92.89%
Riesgo no sistemático para GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ:	95.50%
Riesgo no sistemático para GRUPO ARGOS:	-54.89%
Riesgo no sistemático para GRUPO ARGOS PF:	44.70%
Riesgo no sistemático para SURAMERICANA:	42.94%
Riesgo no sistemático para SURAMERICANA PF:	46.10%
Riesgo no sistemático para COLCAP:	0.00%

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de riesgo no sistemático asociado a los activos. La serie original consta de 26 filas iniciando con la acción de BANCOLOMBIA y finaliza con el COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Índice de Sharpe e Índice de Treynor.

Se calculan los índices de Sharpe y Treynor para cada acción utilizando las fórmulas correspondientes.

*Ilustración 32*

*Matriz de Valores para los índices de Sharpe y Treynor. Escenario 2.*

Acción	Índice de Sharpe	Índice de Treynor
COLCAP	-0.5370	-0.1952
BANCOLOMBIA	-0.5007	-0.2221
BANCOLOMBIA PF	-0.6244	-0.2676
NUTRESA	-0.3043	-0.1594
BANCO DAVIVIENDA PF	-0.6260	-0.2951
PROMIGAS	0.1091	0.1860
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA		-0.1234
ETB	-0.5801	-0.4627
CEMENTOS ARGOS	-0.2931	-0.1290
CEMENTOS ARGOS PF	-0.4716	-0.2476
CORFICOLOMBIANA	0.0152	0.0080
GRUPO BOLIVAR	-0.5959	-0.5575
GRUPO AVAL	-0.5629	-0.2549
ECOPETROL	-0.7982	-0.3626
BVC	-0.0640	-0.0594
ISA	0.4692	0.2356
CELSIA	0.0898	0.0556
TERPEL	-0.6382	-1.0655
MINEROS	0.5794	0.4111
CANACOL ENERGY	-0.4282	-0.4304
BANCO DE BOGOTA	-0.4266	-0.2531
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	0.3944	0.2432
GRUPO ARGOS	-0.4475	-0.1907
GRUPO ARGOS PF	-0.4892	-0.2584
SURAMERICANA	-0.6355	-0.2625
SURAMERICANA PF	-0.6133	-0.2673

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de desempeño del COLCAP y de los activos según la ratio de Sharpe y la ratio de Treynor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### **Acciones con Sharpe y Treynor positivos**

Se crea un DataFrame que contiene los índices de Sharpe y Treynor para cada acción y luego filtra las acciones que tienen valores positivos tanto para el índice de Sharpe como para el índice de Treynor.

*Ilustración 33*

*Matriz de Activos con Índices de Sharpe y Treynor mayores a cero. Escenario 2.*

	Sharpe	Treynor
PROMIGAS	0.109062	0.185955
CORFICOLMBIANA	0.015197	0.008014
ISA	0.469226	0.235558
CELSIA	0.089769	0.055552
MINEROS	0.579424	0.411136
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	0.394427	0.243173

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de desempeño de los activos seleccionados para integrar el portafolio, según la ratio de Sharpe y la ratio de Treynor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

Finalmente obtenemos como resultado el conjunto de acciones con mejor desempeño las cuales conformaran la cartera para el análisis durante el periodo 2020 donde se dio el punto de inflexión de la pandemia.

***Escenario 3 - Post-COVID (2021-2023):***

El escenario post-COVID, que abarca desde 2021 hasta 2023, se centra en la recuperación y las adaptaciones del mercado accionario después del impacto directo de la pandemia. Aquí, se explorarán las acciones que continúan destacando, aquellas que lograron recuperarse con agilidad y las que han emergido como protagonistas en un entorno económico transformado.

### Matriz de precios

A continuación, se relaciona la matriz de precios que contiene la información de los precios de cierre diario de los activos durante el año 2020.

#### Ilustración 34

*Matriz de Precios Escenario 3 Después de Pandemia 2021-2023.*

	COLCAP	BANCOLOMBIA	BANCOLOMBIA PF	NUTRESA	BANCO DAVIVIENDA PF	\
0	1418.01	33500	33990	24000		35780
1	1431.73	35670	34000	24400		34860
2	1436.03	34100	34150	24390		35490
3	1435.74	34310	34520	23300		35200
4	1453.12	35100	34770	23440		35180
	PROMIGAS	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	ETB	CEMENTOS ARGOS	\	
0	8100		25600	213.0		6100
1	8200		25550	215.0		5860
2	7990		25700	218.0		5865
3	7990		26000	213.0		5700

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2021-2023. La serie original contiene un total de 26 columnas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF y un total de 732 observaciones.

Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

### Rendimiento Diario

Se calculan los rendimientos promedio diario utilizando la función logaritmo.

*Ilustración 35*

*Matriz de Rendimientos Diarios COLCAP y Activos 2021-2023.*

	PROMIGAS	CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	ETB	CEMENTOS ARGOS	\	
1	0.012269	-0.001955	0.009302	-0.040132		
2	-0.025940	0.005853	0.013793	0.000853		
3	0.000000	0.011605	-0.023096	-0.028531		
4	0.013672	0.000000	0.010228	0.029383		
5	0.009827	0.011472	-0.004172	0.005097		
	CEMENTOS ARGOS PF	... CELSIA	TERPEL	MINEROS	CANACOL ENERGY	\
1	-0.022498	... 0.000000	0.010656	0.022845	0.019685	
2	0.022723	... -0.000207	0.000000	-0.019314	-0.011765	
3	-0.011297	... 0.000207	0.000589	-0.013007	0.005900	
4	0.000000	... -0.008332	-0.025632	-0.018014	-0.006886	
5	0.020244	... -0.001465	0.019729	0.041539	0.005905	
	BANCO DE BOGOTA	GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	GRUPO ARGOS	GRUPO ARGOS PF	\	
1	0.008042	0.009299	-0.006453	-0.010632		
2	0.000000	-0.003709	0.014994	0.018294		
3	-0.017596	-0.049125	-0.049389	-0.024142		
4	0.012414	0.000780	0.027176	0.018401		
5	0.003888	-0.009011	0.008657	0.017125		
	SURAMERICANA	SURAMERICANA PF				
1	-0.004124	0.017641				
2	0.006179	0.016883				
3	-0.010320	-0.013208				
4	0.001658	0.000000				
5	0.018469	0.004118				
[5 rows x 26 columns]						

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de rendimientos diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2021-2023. La serie original contiene un total de 26 columnas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMENRICAPF y un total de 732 observaciones.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### **Rendimiento Anualizado**

Se calcula el rendimiento anual como el promedio de los rendimientos diarios de cada activo multiplicado por 252 días, los cuales corresponden al año bursátil estándar.

*Ilustración 36**Matriz de Rendimientos Anualizados. Escenario 3.*

ETB	-0.276348
CEMENTOS ARGOS	0.000565
CEMENTOS ARGOS PF	0.003928
CORFICOLOMBIANA	-0.307067
GRUPO BOLIVAR	-0.098879
GRUPO AVAL	-0.304629
ECOPETROL	0.014742
BVC	-0.010625
ISA	-0.169343
CELSIA	-0.168042
TERPEL	-0.027761
MINEROS	-0.288614
CANACOL ENERGY	-0.304408
BANCO DE BOGOTA	-0.354451
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	-0.117879
GRUPO ARGOS	-0.041032
GRUPO ARGOS PF	-0.071165
SURAMERICANA	0.060953
SURAMERICANA PF	-0.158003
dtype: float64	

Nota: Contiene el valor de los rendimientos diarios del COLCAP y los Activos proyectados a un año. La serie original contiene un total de 26 filas iniciando con el COLCAP y finaliza con la acción de SURAMERICANAPF

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Desviación Estándar Anualizada.

Se calcula la desviación estándar para cada columna en el DataFrame.

#### *Ilustración 37*

*Matriz de desviaciones estándar Anualizadas. Escenario 3.*

COLCAP	0.189647
BANCOLOMBIA	0.373733
BANCOLOMBIA PF	0.287051
NUTRESA	0.529437
BANCO DAVIVIENDA PF	0.277630
PROMIGAS	0.304314
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	0.301533
ETB	0.317432
CEMENTOS ARGOS	0.366431
CEMENTOS ARGOS PF	0.370240
CORFICOLOMBIANA	0.322599
GRUPO BOLIVAR	9.277059
GRUPO AVAL	0.303283
ECOPETROL	0.384505
BVC	0.310867
ISA	0.396840
CELSIA	0.304201
TERPEL	0.294407
MINEROS	0.328214
CANACOL ENERGY	0.345223
BANCO DE BOGOTA	0.376826
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	0.324111
GRUPO ARGOS	0.389954
GRUPO ARGOS PF	0.391791
SURAMERICANA	0.488160
SURAMERICANA PF	0.362915
dtype:	float64

Nota: Contiene el valor de las desviaciones estándar del COLCAP y los Activos proyectados a un año.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## Coeficiente de Variación

Se calcula el coeficiente de variación para cada uno de los activos.

*Ilustración 38*

*Matriz de Coeficientes de Variación. Escenario 3.*

COLCAP	-0.032207
BANCOLOMBIA	-1.205209
BANCOLOMBIA PF	-0.065290
NUTRESA	0.024432
BANCO DAVIVIENDA PF	-0.012917
PROMIGAS	-0.015604
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA	-0.010696
ETB	-0.011487
CEMENTOS ARGOS	6.490314
CEMENTOS ARGOS PF	0.942470
CORFICOLOMBIANA	-0.010506
GRUPO BOLIVAR	-0.938226
GRUPO AVAL	-0.009956
ECOPETROL	0.260820
BVC	-0.292573
ISA	-0.023434
CELSIA	-0.018103
TERPEL	-0.106051
MINEROS	-0.011372
CANACOL ENERGY	-0.011341
BANCO DE BOGOTA	-0.010631
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	-0.027495
GRUPO ARGOS	-0.095036
GRUPO ARGOS PF	-0.055054
SURAMERICANA	0.080088
SURAMERICANA PF	-0.022969
dtype:	float64

Nota: Contiene el valor del coeficiente de variación de la serie para los Activos.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

## BETAS

Se calcula la pendiente (beta) de una regresión lineal entre los rendimientos diarios de las acciones y los rendimientos diarios del mercado, representados por la columna 'COLCAP'.

*Ilustración 39*

*Matriz de los coeficientes Beta. Escenario 3.*

```

BETA COLCAP: 1.0
BETA BANCOLOMBIA: 1.347180239554788
BETA BANCOLOMBIA PF: 1.167781817944391
BETA NUTRESA: 0.752504456005969
BETA BANCO DAVIVIENDA PF: 0.6845579448892067
BETA PROMIGAS: 0.38738657209453387
BETA CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA: 0.3132411138312576
BETA ETB: 0.020491100082230127
BETA CEMENTOS ARGOS: 0.8052801364046444
BETA CEMENTOS ARGOS PF: 0.5965599553909974
BETA CORFICOLOMBIANA: 0.6208414196664236
BETA GRUPO BOLIVAR: 2.1272183640233977
BETA GRUPO AVAL: 0.6169465864127591
BETA ECOPETROL: 1.3575084701563471
BETA BVC: 0.17081006772477386
BETA ISA: 1.2644957433578188
BETA CELSIA: 0.5983518844559269
BETA TERPEL: 0.3082401370854782
BETA MINEROS: 0.34583943073973855
BETA CANACOL ENERGY: 0.5080487432172448
BETA BANCO DE BOGOTA: 0.4341540834808555
BETA GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ: 0.75251186276926
BETA GRUPO ARGOS: 0.8822083183378436
BETA GRUPO ARGOS PF: 0.801216278948019
BETA SURAMERICANA: 0.5675220353467506
BETA SURAMERICANA PF: 0.890899427992916

```

Nota: Contiene los coeficientes Beta de una regresión lineal que modela el comportamiento de los activos frente al COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

## ALFAS

Se calcula la intersección (alfa) de una regresión lineal entre los rendimientos diarios de las acciones y los rendimientos diarios del mercado representados por la columna 'COLCAP'.

### *Ilustración 40*

*Matriz de Coeficientes Alfa par ale COLCAP y los Activos. Escenario 3.*

```

ALFA BANCOLOMBIA: 0.00030248426453196556
ALFA BANCOLOMBIA PF: 9.840371117238249e-05
ALFA NUTRESA: 0.0010357375998395865
ALFA BANCO DAVIVIENDA PF: -0.000692979159576105
ALFA PROMIGAS: -0.0006833714118990533
ALFA CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA: -0.0010454659546284995
ALFA ETB: -0.0010918300237490242
ALFA CEMENTOS ARGOS: 0.00019040669687578473
ALFA CEMENTOS ARGOS PF: 0.0001549844779799643
ALFA CORFICOLOMBIANA: -0.0010734523032722028
ALFA GRUPO BOLIVAR: 0.0001046820122179165
ALFA GRUPO AVAL: -0.001064685523132975
ALFA ECOPETROL: 0.00037570367202885706
ALFA BVC: -2.2513311259586457e-06
ALFA ISA: -0.0003765286847857253
ALFA CELSIA: -0.0005270179102364138
ALFA TERPEL: -3.8137497685943703e-05
ALFA MINEROS: -0.0010644830512607365
ALFA CANACOL ENERGY: -0.0010892534922464522
ALFA BANCO DE BOGOTA: -0.0013051063213241026
ALFA GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ: -0.000291938226716661
ALFA GRUPO ARGOS: 4.3315943789740385e-05
ALFA GRUPO ARGOS PF: -9.518354246208988e-05
ALFA SURAMERICANA: 0.00037448838678362013
ALFA SURAMERICANA PF: -0.00041882443683047174

```

Nota: Contiene los coeficientes Alfa de una regresión lineal que modela el comportamiento de los activos frente al COLCAP.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Riesgo Sistemático.

Se calcula el riesgo sistemático utilizando en el lenguaje de programación de Python la fórmula:

$$\text{Riesgo sistemático} = (\text{Beta})^2 * (\text{Desviación estándar})^2 * 100$$

Donde Beta es el coeficiente de regresión lineal previamente calculado y la desviación estándar se ajusta a una base anual (252 días).

#### Ilustración 41

##### Matriz de Riesgo Sistemático. Escenario 3.

Riesgo sistemático para BANCOLOMBIA: 25.35%
Riesgo sistemático para BANCOLOMBIA PF: 11.24%
Riesgo sistemático para NUTRESA: 15.87%
Riesgo sistemático para BANCO DAVIVIENDA PF: 3.61%
Riesgo sistemático para PROMIGAS: 1.39%
Riesgo sistemático para CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA: 0.89%
Riesgo sistemático para ETB: 0.00%
Riesgo sistemático para CEMENTOS ARGOS: 8.71%
Riesgo sistemático para CEMENTOS ARGOS PF: 4.88%
Riesgo sistemático para CORFICOLOMBIANA: 4.01%
Riesgo sistemático para GRUPO BOLIVAR: 38944.38%
Riesgo sistemático para GRUPO AVAL: 3.50%
Riesgo sistemático para ECOPETROL: 27.25%
Riesgo sistemático para BVC: 0.28%
Riesgo sistemático para ISA: 25.18%
Riesgo sistemático para CELSIA: 3.31%
Riesgo sistemático para TERPEL: 0.82%
Riesgo sistemático para MINEROS: 1.29%
Riesgo sistemático para CANACOL ENERGY: 3.08%
Riesgo sistemático para BANCO DE BOGOTA: 2.68%
Riesgo sistemático para GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ: 5.95%
Riesgo sistemático para GRUPO ARGOS: 11.84%
Riesgo sistemático para GRUPO ARGOS PF: 9.85%
Riesgo sistemático para SURAMERICANA: 7.68%
Riesgo sistemático para SURAMERICANA PF: 10.45%
Riesgo sistemático para COLCAP: 100.00%

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de riesgo sistemático asociado a los activos.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Riesgo no Sistemático.

Para cada acción, se calcula el riesgo no sistemático restando el riesgo sistemático del 100%. El riesgo no sistemático representa la parte del riesgo total de una acción que no puede ser explicada por los movimientos generales del mercado.

#### Ilustración 42

##### Matriz de Riesgo no Sistemático. Escenario 3.

Riesgo no sistemático para CEMENTOS ARGOS:	91.29%
Riesgo no sistemático para CEMENTOS ARGOS PF:	95.12%
Riesgo no sistemático para CORFICOLMBIANA:	95.99%
Riesgo no sistemático para GRUPO BOLIVAR:	-38844.38%
Riesgo no sistemático para GRUPO AVAL:	96.50%
Riesgo no sistemático para ECOPETROL:	72.75%
Riesgo no sistemático para BVC:	99.72%
Riesgo no sistemático para ISA:	74.82%
Riesgo no sistemático para CELSIA:	96.69%
Riesgo no sistemático para TERPEL:	99.18%
Riesgo no sistemático para MINEROS:	98.71%
Riesgo no sistemático para CANACOL ENERGY:	96.92%
Riesgo no sistemático para BANCO DE BOGOTA:	97.32%
Riesgo no sistemático para GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ:	94.05%
Riesgo no sistemático para GRUPO ARGOS:	88.16%
Riesgo no sistemático para GRUPO ARGOS PF:	90.15%
Riesgo no sistemático para SURAMERICANA:	92.32%
Riesgo no sistemático para SURAMERICANA PF:	89.55%
Riesgo no sistemático para COLCAP:	0.00%

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de riesgo no sistemático asociado a los activos. La serie original contiene un total de 26 filas iniciando con la acción de BANCOLOMBIA y finaliza con el COLCAP.  
Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Índice de Sharpe e Índice de Treynor.

Se calculan los índices de Sharpe y Treynor para cada acción utilizando las fórmulas correspondientes.

#### Ilustración 43

Matriz de Valores para los índices de Sharpe y Treynor. Escenario 3.

Acción	Índice de Sharpe	Índice de Treynor
COLCAP	-0.5552	-0.1053
BANCOLOMBIA	-0.1325	-0.0367
BANCOLOMBIA PF	-0.3148	-0.0774
NUTRESA	0.3217	0.2263
BANCO DAVIVIENDA PF	-0.9413	-0.3818
PROMIGAS	-0.7933	-0.6232
CORPORACION FINANCIERA COLOMBIANA		-1.0888
ETB	-1.0167	-15.7506
CEMENTOS ARGOS	-0.1251	-0.0569
CEMENTOS ARGOS PF	-0.1147	-0.0712
CORFICOLOMBIANA	-1.0957	-0.5693
GRUPO BOLIVAR	-0.0157	-0.0683
GRUPO AVAL	-1.1574	-0.5690
ECOPETROL	-0.0823	-0.0233
BVC	-0.1834	-0.3339
ISA	-0.5437	-0.1706
CELSIA	-0.7049	-0.3584
TERPEL	-0.2519	-0.2406
MINEROS	-1.0207	-0.9687
CANACOL ENERGY	-1.0162	-0.6905
BANCO DE BOGOTA	-1.0638	-0.9233
GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ	-0.5069	-0.2183
GRUPO ARGOS	-0.2242	-0.0991
GRUPO ARGOS PF	-0.3001	-0.1467
SURAMERICANA	0.0298	0.0256
SURAMERICANA PF	-0.5632	-0.2294

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de desempeño del COLCAP y de los activos según la ratio de Sharpe y la ratio de Treynor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### Acciones con Sharpe y Treynor positivos

Se crea un DataFrame que contiene los índices de Sharpe y Treynor para cada acción y luego filtra las acciones que tienen valores positivos tanto para el índice de Sharpe como para el índice de Treynor.

#### Ilustración 44

*Matriz de Activos con Índices de Sharpe y Treynor mayores a cero. Escenario 3.*

	Sharpe	Treynor
NUTRESA	0.321654	0.226305
SURAMERICANA	0.029812	0.025644

Nota: Contiene los coeficientes que representan los valores de desempeño de los activos seleccionados para integrar el portafolio, según la ratio de Sharpe y la ratio de Treynor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

Finalmente obtenemos como resultado el conjunto de acciones con mejor desempeño las cuales conformaran la cartera para el análisis durante el periodo 2021-2023 posterior a la pandemia.

En resumen, el análisis de los tres escenarios que abarcan el periodo de 2015 a 2023 proporciona una visión holística del impacto del COVID-19 en el mercado accionario colombiano y destaca las tendencias distintivas en cada fase económica. Durante este periodo anterior a la pandemia, acciones clave como Bancolombia, Bancolombia pf, Banco Davivienda pf, Promigas, Grupo Bolívar, Ecopetrol, ISA, Mineros, Canacol Energy, Banco de Bogotá Y Grupo de Energía de Bogotá, sobresalieron con rendimientos excepcionales. La atención a factores como la estimación de dividendos y la volatilidad ofreció una visión detallada de la solidez financiera de estas acciones, fundamentando su destacado rendimiento.

El año 2020, marcado por la crisis global del COVID-19, mostró una variación significativa en el rendimiento de las acciones. Empresas como Promigas, Corficolombiana, ISA, Celsia, Mineros y Grupo de Energía de Bogotá, demostraron resiliencia, con estimaciones de dividendos y volatilidad que respaldaron su capacidad para sortear la volatilidad del mercado. La adaptación a las nuevas condiciones económicas se reflejó en la selección estratégica de acciones.

La fase post-COVID-19 reveló la capacidad de recuperación del mercado accionario colombiano. Grupo Nutresa y SURAMERICANA lideraron el periodo de recuperación mostrando los mejores desempeños en comparación con el resto de activos del COLCAP, destacando la importancia de la adaptación y la capacidad de generar rendimientos. La atención a la estimación de la volatilidad permitió identificar acciones que pudieron capitalizar la recuperación económica. En síntesis, la diversidad en el desempeño de las acciones resalta la necesidad de estrategias adaptativas en un entorno cambiante. Este análisis no solo contribuye a la comprensión del pasado, sino que también proporciona perspectivas valiosas para la formación de estrategias de inversión futuras en el dinámico mercado accionario colombiano.

### **APLICACIÓN DEL MODELO DE MARKOWITZ**

El segundo objetivo de esta investigación implica una etapa clave en el proceso de gestión de inversiones: la aplicación del modelo de Markowitz. Este modelo, desarrollado por el economista Harry Markowitz, revolucionó la teoría de carteras al introducir el concepto de diversificación eficiente. En este contexto, nuestro enfoque se centra en las acciones seleccionadas durante el primer objetivo, donde identificamos empresas destacadas en diferentes escenarios económicos. Se inicia seleccionando las acciones previamente identificadas en el

primer objetivo. Estas acciones representan empresas que han destacado en diversos escenarios, desde periodos de estabilidad hasta crisis y recuperación económica.

La esencia del modelo de Markowitz radica en la optimización de carteras mediante la consideración de la relación entre riesgo y retorno. Se implementa este modelo para analizar la diversificación de la cartera, buscando equilibrar el rendimiento esperado con el riesgo asumido. A través del modelo de Markowitz, se evalúa cómo la diversificación de activos puede influir en la volatilidad global de la cartera y cómo lograr un rendimiento óptimo para un nivel de riesgo dado. Estas acciones permitirán no solo comprender la eficiencia de diversificación de la cartera resultante, sino también proporcionar perspectivas valiosas sobre cómo ajustar estratégicamente los activos para maximizar el rendimiento y mitigar el riesgo en diferentes escenarios económicos. La aplicación del modelo de Markowitz es fundamental para adoptar un enfoque cuantitativo y científico en la gestión de inversiones, asegurando decisiones informadas y fundamentadas en la optimización.

### **Modelo de Markowitz para el Escenario 1 - Antes del COVID-19 (2015-2019).**

#### ***Dataframe con los rendimientos diarios de las Acciones de Interés.***

Con las acciones seleccionadas para el escenario anterior a la pandemia se crea un DataFrame y se procede a realizar los cálculos específicos para la construcción del portafolio.

### Ilustración 45

#### Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 1

	BANCOLOMBIA	BANCOLOMBIAPF	BANCOHAVIVIENDAPF	PROMIGAS	GRUPOBOLIVAR	\
1	-0.013844	-0.023447	-0.047610	0.000000	0.000000	
2	0.007310	0.012857	0.017645	0.000000	0.000000	
3	-0.009513	-0.007838	0.007576	0.000000	0.000000	
4	-0.022306	-0.020962	0.032668	0.000000	0.000000	
5	0.003752	-0.002194	-0.032668	0.000000	0.000000	
...	...	...	...	...	...	
1212	0.025295	-0.002172	0.000455	0.000000	0.002436	
1213	0.014612	-0.006543	0.017133	0.000000	0.000000	
1214	-0.040364	-0.002191	0.016844	0.000000	0.013693	
1215	0.002286	0.004376	0.000000	0.002503	0.013245	
1216	0.004556	0.000000	0.010494	0.000000	0.013072	
	ECOPETROL	ISA	MINEROS	CANACOLENERGY	BANCOBOGOTA	\

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2015-2019. La serie original contiene un total 11 columnas iniciando con la acción de BANCOLOMBIA y finaliza con la acción de GRUPODEENERGÍABOGOTA y un total de 1216 observaciones.

Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

### Matriz de Correlación.

#### Ilustración 46

#### Código de programación de Python para calcular la matriz de correlación.

```
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

# Calcular la matriz de correlación
matriz_correlacion = Portafolio_df.corr()
```

Nota: El código pertenece a la librería matplotlib.pyplot as plt y se usa para calcular los coeficientes de correlación entre los rendimientos de los activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). *Python.org*. <https://www.python.org/>

Calcula la matriz de correlación para todas las columnas numéricas en el DataFrame.

#### Ilustración 47

Código de programación de Python para graficar la matriz de correlación.

```
# Visualizar la matriz de correlación como gráfico (mapa de calor)
plt.figure(figsize=(10, 8))
sns.heatmap(matriz_correlacion, annot=True, cmap='coolwarm', fmt=".4f")
plt.title('Matriz de correlación')
plt.show()
```

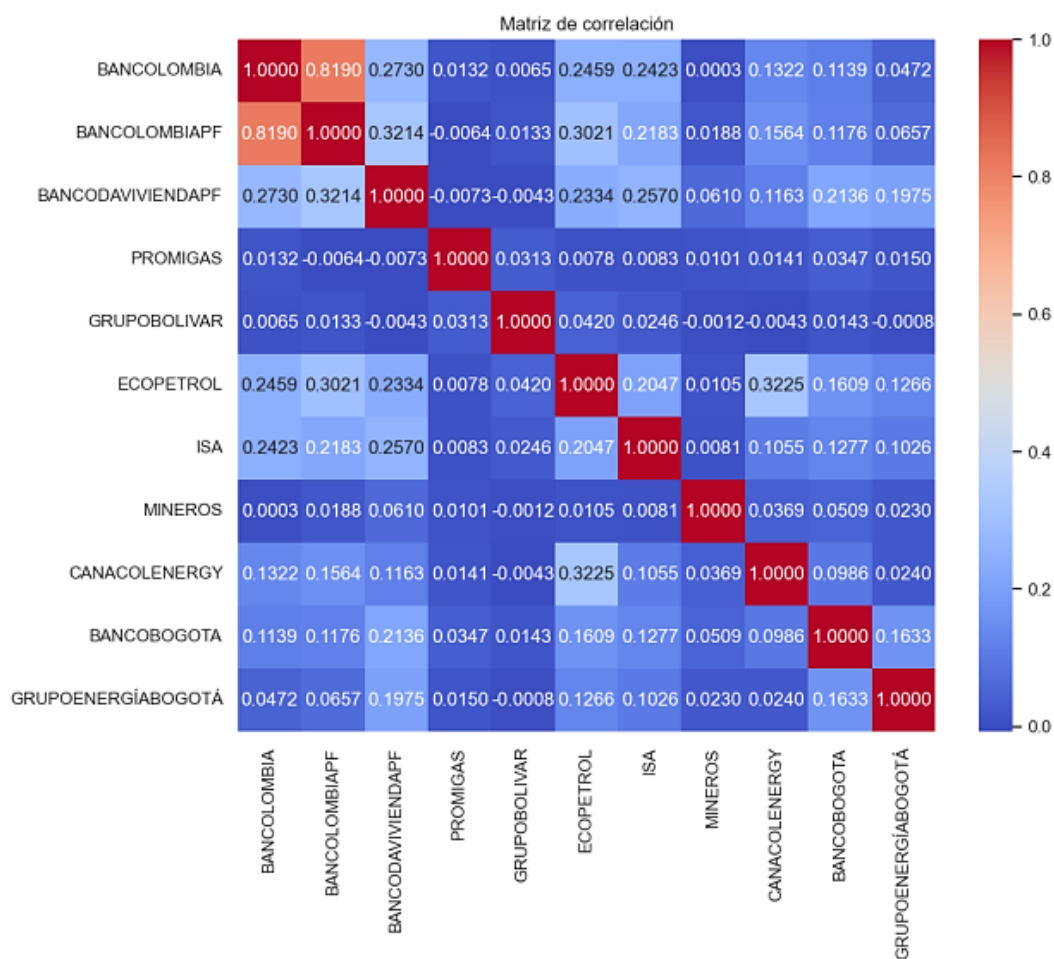
Nota: El código pertenece a la librería seaborn as sns, se usa para visualizar la matriz de correlación como un mapa de calor.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Establece el tamaño de la figura para el gráfico (10 unidades de ancho por 8 unidades de alto). Crea un mapa de calor para visualizar la matriz.

*Ilustración 48*

*Matriz de Correlación Escenario 1.*



Nota: Contiene los coeficientes de correlación entre los rendimientos de los activos visualizados como un mapa de calor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

En el contexto del modelo de Markowitz, la matriz de correlación es fundamental para comprender las relaciones entre los rendimientos de los diferentes activos en una cartera, La diversificación busca combinar activos que no estén perfectamente correlacionados para reducir el riesgo total de la cartera.

## **Matriz de Covarianza.**

### *Ilustración 49*

*Código de programación de Python para calcular la matriz de covarianza.*

```
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

# Calcular la matriz de covarianza
matriz_covarianza = Portafolio_df.cov()
```

Nota: El código pertenece a la librería matplotlib.pyplot as plt y se usa para calcular los coeficientes de correlación entre los rendimientos de los activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Calcula la matriz de covarianza para todas las columnas numéricas en el DataFrame. La matriz de covarianza muestra cómo los rendimientos de diferentes activos varían conjuntamente.

### *Ilustración 50*

*Código de programación de Python para graficar la matriz de covarianza.*

```
# Crear un mapa de calor
plt.figure(figsize=(10, 8))
sns.heatmap(matriz_covarianza, annot=True, cmap='coolwarm', fmt=".5f",
            annot_kws={"size": 10})
plt.title('Matriz de Covarianza')
plt.show()
```

Nota: El código pertenece a la librería seaborn as sns, se usa para visualizar la matriz de correlación como un mapa de calor.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Configura el tamaño de la figura para el gráfico (10 unidades de ancho por 8 unidades de alto). Luego crea un mapa de calor usando Seaborn para visualizar la matriz.

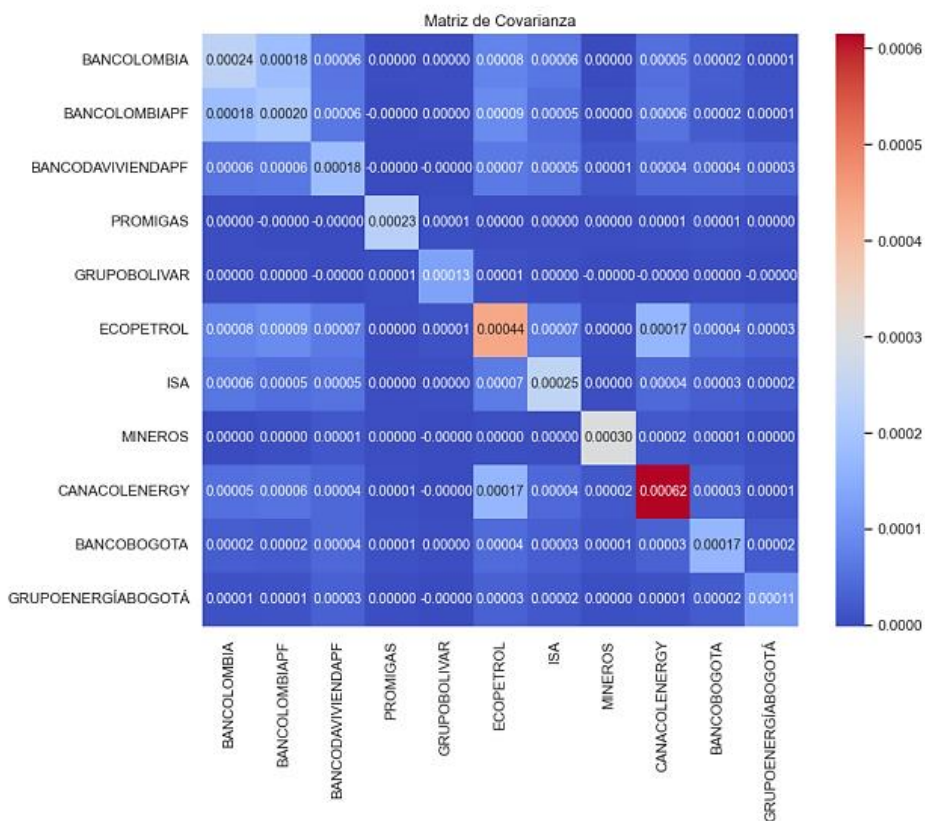
La covarianza entre los activos mide cómo los rendimientos de diferentes activos varían juntos. Una covarianza positiva indica que los activos tienden a moverse en la misma dirección,

mientras que una covarianza negativa indica que los activos tienden a moverse en direcciones opuestas.

La varianza de una cartera depende de las varianzas individuales de los activos y de las covarianzas entre ellos. En la optimización de la cartera, el objetivo es encontrar la combinación de activos que minimice el riesgo para un nivel esperado de rendimiento. La matriz de covarianza es fundamental para calcular la varianza de la cartera y, por lo tanto, para determinar la composición óptima de la cartera.

*Ilustración 51*

*Matriz de Covarianza Escenario 1.*



Nota: Contiene los coeficientes de las covarianzas entre los rendimientos de los activos visualizados como un mapa de calor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### *DataFrame de las Acciones Seleccionadas con los Precios Diarios.*

#### *Ilustración 52*

#### *Matriz de Precios. Activos seleccionados. Escenario 1.*

	BANCOLOMBIA	BANCOLOMBIAPF	BANCO DAVIVIENDAPF	PROMIGAS	GRUPO BOLIVAR	\
0	27640	28480	27100	5400	45120	
1	27260	27820	25840	5400	45120	
2	27460	28180	26300	5400	45120	
3	27200	27960	26500	5400	45120	
4	26600	27380	27380	5400	45120	
	ECOPETROL	ISA	MINEROS	CANACOLENERGY	BANCOBOGOTA	GRUPO ENERGIABOGOTÁ
0	1955	8600	2400	25300	66100	1625
1	1815	7930	2305	23000	64300	1580
2	1835	7850	2305	20875	64300	1580
3	1885	7920	2305	22275	63600	1640
4	1960	8000	2215	22700	65500	1690

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2015-2019. La serie original contiene un total de 1217 observaciones.

Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

### *Conformación de la cartera.*

El primer paso es definir la tasa libre de riesgo, que es el rendimiento que se espera de una inversión sin riesgo. En este caso, se supone que es el rendimiento de los bonos del tesoro, que es 4.64%.

#### *Ilustración 53*

#### *Código de programación de Python para asignar pesos aleatorios a cada activo en la cartera.*

```
# Tasa libre de riesgo
rf_rate = 0.0464 # Rendimiento de los bonos del tesoro

# Pesos aleatorios asignados a cada activo en la cartera
weights = np.random.random(len(acciones))
weights /= np.sum(weights)
print(f'Pesos Normalizados: {weights}')
```

Nota: El código pertenece a la librería numpy, genera un vector de pesos aleatorios y luego normaliza estos pesos para asegurarse de que la suma de los pesos sea igual a 1.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). *Python.org*. <https://www.python.org/>

Asignar un arreglo de pesos aleatorios para cada activo en la cartera, normalizando los pesos para que su suma sea 1.

#### *Ilustración 54*

*Código de programación de Python para calcular el retorno esperado de la cartera.*

```
# Retorno esperado de la cartera
exp_ret = log_ret.mean().dot(weights) * 252
print(f'\nRetorno esperado de la cartera: {exp_ret}')
```

Nota: El código pertenece a la librería numpy, calcula el retorno esperado anualizado de una cartera de inversión, utilizando los rendimientos logarítmicos diarios de los activos y sus respectivos pesos en la cartera.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Calcular el retorno esperado de la cartera, definido como el producto punto de los retornos promedio y los pesos, obteniendo el retorno promedio ponderado diario de la cartera. Finalmente se multiplica por 252 (número de días de trading en un año) para anualizar el retorno.

#### *Ilustración 55*

*Código de programación de Python para calcular la varianza del portafolio.*

```
# Volatilidad esperada de la cartera (Riesgo)
exp_vol = np.sqrt(weights.T.dot(252 * log_ret.cov().dot(weights)))
print(f'\nVolatilidad de la cartera: {exp_vol}')
```

Nota: El código pertenece a la librería numpy, calcula la volatilidad esperada (o desviación estándar) de una cartera de inversión utilizando los rendimientos logarítmicos diarios de los activos.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Estimar la volatilidad esperada de la cartera. Para esto se utiliza la matriz de covarianza de los retornos logarítmicos y se calcula la varianza de la cartera utilizando la fórmula de Markowitz. Finalmente, se toma la raíz cuadrada de la varianza para obtener la desviación estándar que representa la volatilidad del portafolio.

### Ilustración 56

Código de programación de Python para calcular el Sharpe del portafolio.

```
# Ratio de Sharpe de la cartera, ajustado con la tasa libre de riesgo
sr = (exp_ret - rf_rate) / exp_vol
print(f'\nRatio de Sharpe de la cartera: {sr}')
```

Nota: El código pertenece a la librería numpy, calcula la diferencia entre el retorno esperado de la cartera y la tasa libre de riesgo, dividida por la volatilidad esperada de la cartera.

Fuente: *Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>

Calcula el exceso de retorno de la cartera sobre la tasa libre de riesgo. Al dividir el exceso de retorno por la volatilidad de la cartera para obtener la ratio de Sharpe.

### Resultados.

Tabla 3

Portafolio de Markowitz Escenario 1

Pesos Normalizados:		
BANCOLOMBIA	0.14513316	14,51%
BANCOLOMBIAPF.	0.1250682	12,51%
BANCODAVIVIENDAPF	0.10412845	10,41%
PROMIGAS	0.03133699	3,13%
GRUPOBOLIVAR	0.14940814	14,94%
ECOPETROL	0.02791615	2,79%
ISA	0.1506138	15,06%
MINEROS	0.06776257	6,78%
CANACOLENERGY	0.07477031	7,48%
BANCOBOGOTA	0.10893577	10,89%
GRUPOENERGIABOGOTA	0.01492646	1,49%

Nota: La tabla contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 1 usando el lenguaje de programación de Python.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

Retorno esperado de la cartera: 0.10984016039670036 (10,98%)

Volatilidad de la cartera: 0.11694488688076483 (11,98%)

Ratio de Sharpe de la cartera: 0.5424791291763184 (54,24%)

### ***Simulación MONTE CARLO.***

A continuación, se realiza una simulación de Monte Carlo para optimizar la cartera de inversión según el modelo de Markowitz. Se busca encontrar la cartera con el máximo ratio de Sharpe, que indica la mejor combinación de rendimiento ajustado al riesgo.

La simulación de Monte Carlo se utiliza para generar una gran cantidad de posibles combinaciones de pesos para los activos en una cartera, para este estudio se generaron en total cien mil (100.000) escenarios. Esto permite explorar una amplia gama de posibles carteras para encontrar la que ofrece el mejor rendimiento ajustado por riesgo (ratio de Sharpe).

### **Peso de cada activo en la cartera obtenida mediante la simulación de Monte Carlo.**

#### *Ilustración 57*

*Distribución óptima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 1.*

<p>El activo BANCOLOMBIA tiene un peso del 11.76 %          El activo BANCOLOMBIAPF tiene un peso del 0.07 %          El activo BANCODAVIVIENDAPF tiene un peso del 8.02 %          El activo PROMIGAS tiene un peso del 5.05 %</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 1 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### *Ilustración 58*

*Distribución óptima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 1.*

<p>El activo GRUPOBOLIVAR tiene un peso del 22.42 %          El activo ECOPETROL tiene un peso del 0.84 %          El activo ISA tiene un peso del 26.83 %          El activo MINEROS tiene un peso del 4.86 %          El activo CANACOLENERGY tiene un peso del 16.04 %          El activo BANCOBOGOTA tiene un peso del 1.32 %          El activo GRUPOENERGÍABOGOTÁ tiene un peso del 2.79 %</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 1 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

*Ilustración 59**Portafolio optimo usando Simulación Montecarlo.*

```
Para una cartera dada tenemos: (Usando Monte Carlo)

Retorno es : 13.00%
Volatilidad es : 12.61%
RatioDeSharpe es : 0.6631996570353905
```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 1 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

*Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.*

A continuación, se utiliza el paquete SciPy para encontrar la combinación óptima de pesos de una cartera que maximiza el Ratio de Sharpe, ajustado por la tasa libre de riesgo.

El modelo de Markowitz, busca crear una cartera de inversión óptima que maximice el retorno esperado para un nivel dado de riesgo, o minimice el riesgo para un nivel dado de retorno esperado. El Ratio de Sharpe es una medida clave en este contexto, ya que cuantifica el rendimiento adicional por unidad de riesgo. Al maximizar el Ratio de Sharpe, se encuentra la combinación de activos que ofrece el mejor rendimiento ajustado por riesgo, lo que es el objetivo central del modelo de Markowitz.

## Pesos óptimos de la cartera encontrados mediante la optimización SciPy.

### *Ilustración 60*

#### *Portafolio Óptimo usando el Optimizador SciPy.*

```

El activo BANCOLOMBIA tiene un peso del 0.0 %
El activo BANCOLOMBIAPF tiene un peso del 3.45 %
El activo BANCODAVIVIENDAPF tiene un peso del 11.04 %
El activo PROMIGAS tiene un peso del 9.0 %
El activo GRUPOBOLIVAR tiene un peso del 31.97 %
El activo ECOPETROL tiene un peso del 0.0 %
El activo ISA tiene un peso del 28.16 %
El activo MINEROS tiene un peso del 2.19 %
El activo CANACOLENERGY tiene un peso del 11.45 %
El activo BANCOBOGOTA tiene un peso del 0.0 %
El activo GRUPOENERGÍABOGOTÁ tiene un peso del 2.73 %

```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 1 usando el optimizador SciPy.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### *Ilustración 61*

#### *Portafolio optimo usando el optimizador SciPy.*

```

Para una cartera dada tenemos: (Usando el optimizador de SciPy)

Retorno es : 12.99%
Volatilidad es : 11.91%
RatioDeSharpe es : 0.7009381932659664

```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 1 usando el optimizador SciPy

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### ***Portafolios eficientes.***

De acuerdo con lo planteado en el marco metodológico, el número óptimo de portafolio a calcular es de veintisiete (27) portafolios, sin embargo, se precisa aclarar qué; para efectos de generar un análisis más completo, se han hecho un total de cien mil (100.000) simulaciones, entre las cuales se incluyen las veintisiete más óptimas y se grafican sobre la frontera eficiente.

## Métricas de los portafolios.

### Ilustración 62

Número óptimo de Portafolios eficientes para el modelo de Markowitz. Escenario 1.

Métricas de los portafolios:				
	Portafolio	Retorno	Volatilidad	Ratio de Sharpe
0	Portafolio Óptimo	0.129873	0.119088	0.700938
1	Portafolio 1	0.071978	0.098180	0.260518
2	Portafolio 2	0.073992	0.095637	0.288512
3	Portafolio 3	0.076679	0.093108	0.325199
4	Portafolio 4	0.079365	0.091392	0.360696
5	Portafolio 5	0.082051	0.090258	0.394986
6	Portafolio 6	0.084737	0.089428	0.428691
7	Portafolio 7	0.086752	0.089008	0.453346
8	Portafolio 8	0.089438	0.088725	0.485068
9	Portafolio 9	0.092124	0.088759	0.515148
10	Portafolio 10	0.094810	0.089110	0.543263
11	Portafolio 11	0.097496	0.089775	0.569158
12	Portafolio 12	0.099511	0.090476	0.587016
13	Portafolio 13	0.102197	0.091672	0.608659
14	Portafolio 14	0.104883	0.093156	0.627796
15	Portafolio 15	0.107569	0.094915	0.644462
16	Portafolio 16	0.110255	0.096934	0.658752
17	Portafolio 17	0.112270	0.098609	0.667992
18	Portafolio 18	0.114956	0.101044	0.678474
19	Portafolio 19	0.117642	0.103743	0.686719
20	Portafolio 20	0.120328	0.106708	0.692809
21	Portafolio 21	0.123014	0.109918	0.697013
22	Portafolio 22	0.125029	0.112474	0.699084
23	Portafolio 23	0.127715	0.116065	0.700603
24	Portafolio 24	0.130401	0.119846	0.700913
25	Portafolio 25	0.133087	0.123800	0.700223
26	Portafolio 26	0.135774	0.127933	0.698598
27	Portafolio 27	0.138460	0.132320	0.695735

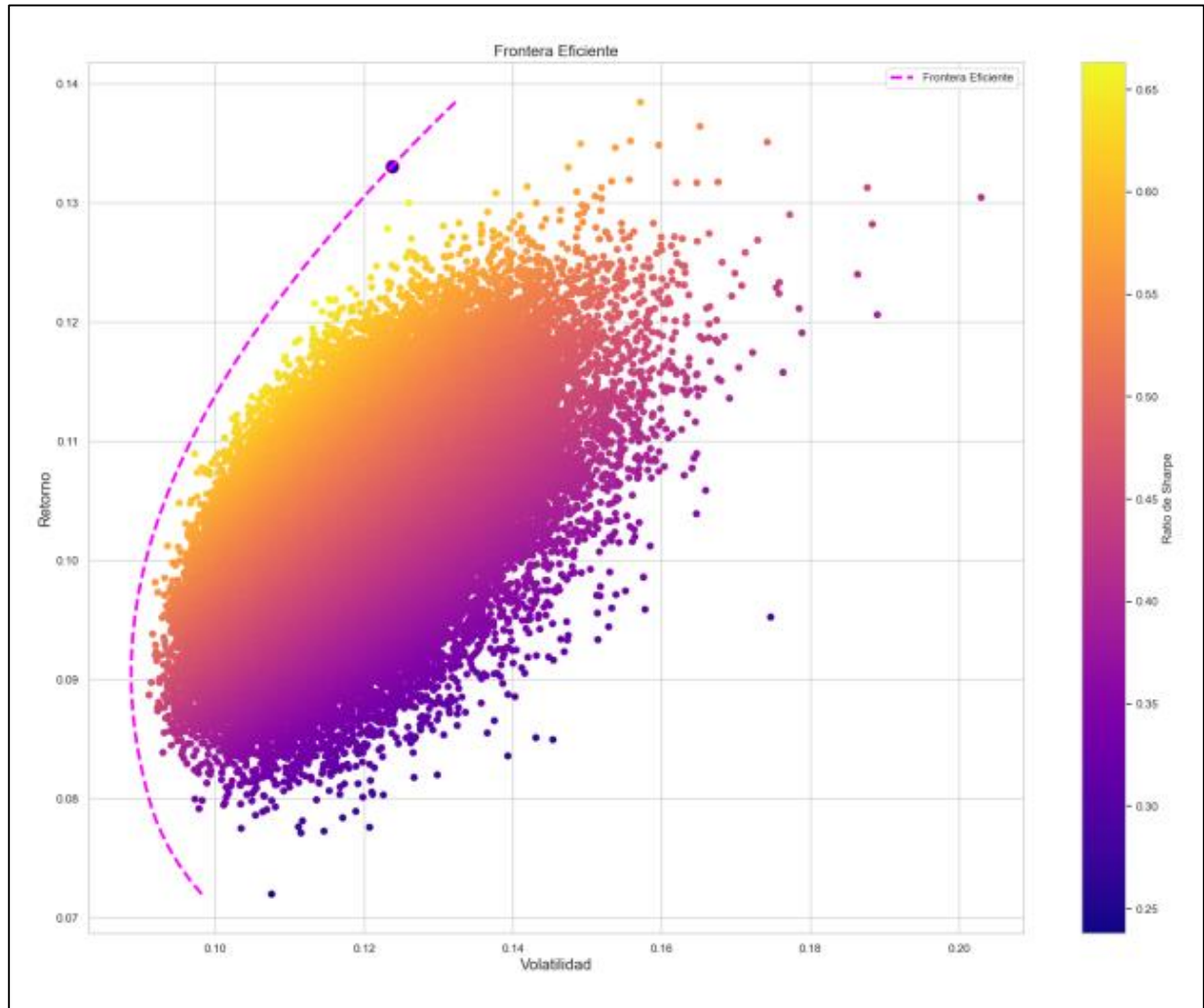
Nota: contiene las métricas de los veintisiete portafolios óptimos que conforman la curva de frontera eficiente para el modelo de Markowitz en el escenario 1

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## Curva de la Frontera Eficiente.

### Ilustración 63

#### Gráfica de la Curva de frontera eficiente.



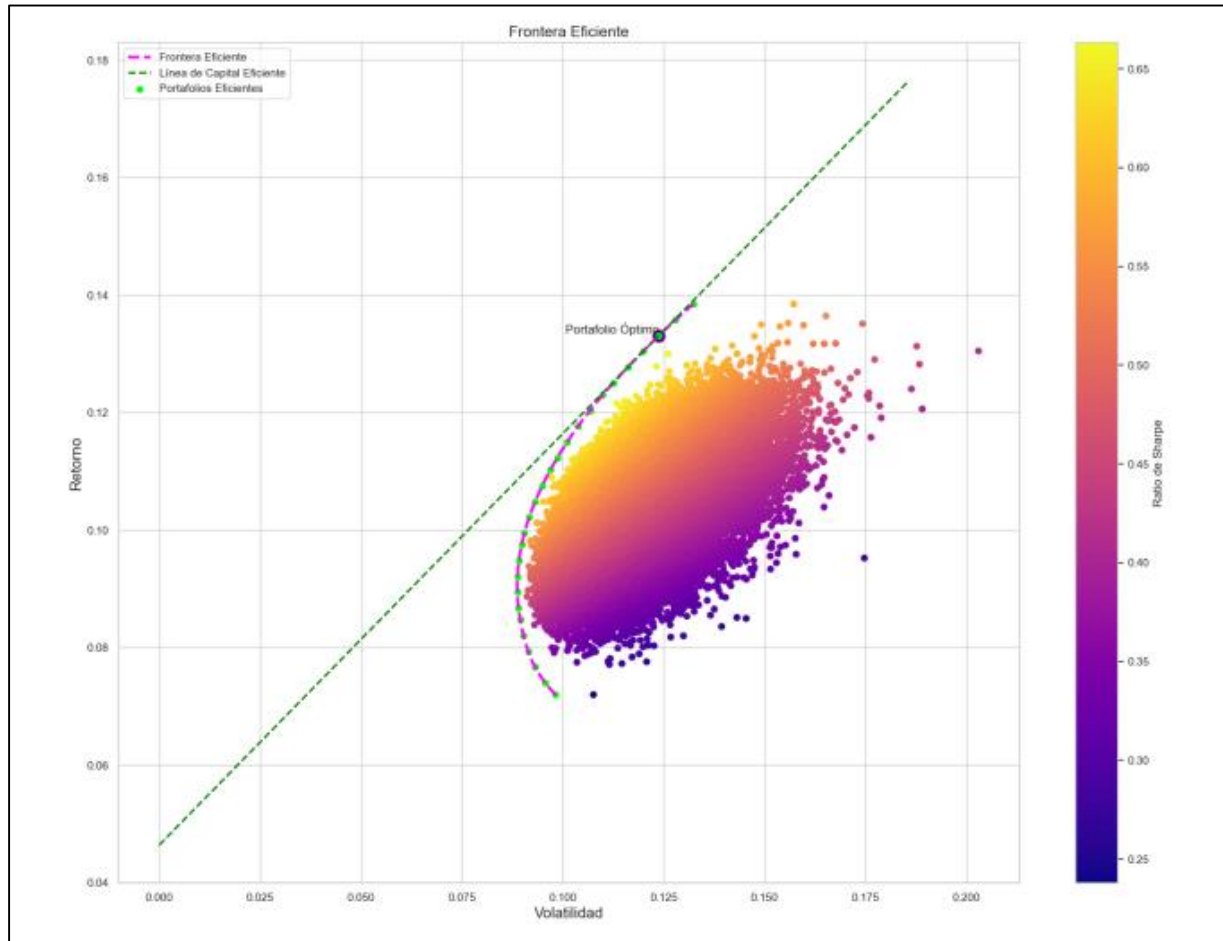
Nota: La gráfica representa todas las combinaciones posibles de carteras que ofrecen el máximo rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo en el escenario 1

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## ***Línea de Capital Eficiente.***

### *Ilustración 64*

#### *Línea de Capital Eficiente (CML)*



Nota: La grafica muestra la línea de capital eficiente la cual destaca la combinación óptima de una cartera libre de riesgo y el portafolio de mercado para maximizar la relación rendimiento-riesgo en el escenario 1

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### ***Resumen: Modelo de Markowitz y Resultados de Optimización de Rendimientos***

El modelo de Markowitz fue aplicado al portafolio del Escenario 1 (2015-2019), revelando resultados detallados de optimización. Los rendimientos esperados de cada activo en el portafolio óptimo se analizaron minuciosamente:

Los activos con mayor participación son GRUPOBOLIVAR 31,97%, ISA 28,16%, BANCODAVIVIENDAPF 11,04%, CANACOLENERGY 11,45% y PROMIGAS 9,0%.

La cartera óptima muestra un rendimiento del 12,99%, un riesgo del 11,91% y un ratio de Sharpe del 70%, indicando una cartera bien diversificada. La comparación entre la Frontera Eficiente y la Línea de Capital Eficiente destaca la eficacia de esta última para obtener un mayor rendimiento con menos volatilidad, siendo atractiva para inversores dispuestos a asumir cierto riesgo. En resumen, el análisis proporciona una interpretación sólida de los resultados y destaca características clave de carteras eficientes, brindando insights valiosos para la toma de decisiones de inversión.

### Modelo de Markowitz para el portafolio del Escenario 2 COVID-19 (2020).

#### *DataFrame con los rendimientos diarios de las Acciones de Interés.*

Con las acciones seleccionadas para el escenario durante la pandemia se crea un DataFrame y se procede a realizar los cálculos específicos para la construcción del portafolio.

#### *Ilustración 65*

*Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 1* Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 2.

	PROMIGAS	CORFICOLOMBIANA	ISA	CELSIA	MINEROS	\
1	0.066482	0.016103	0.020907	0.020248	0.001523	
2	0.000000	0.000000	-0.026961	-0.002230	-0.001523	
3	0.000000	0.006369	-0.008130	-0.001117	-0.007651	
4	-0.029559	0.012618	0.008130	0.001117	-0.007710	
5	-0.003757	0.003130	-0.005074	0.007782	-0.006211	
..	...	...	...	...	...	
238	-0.013212	-0.005557	0.017206	0.004274	-0.000972	
239	0.000000	0.002783	0.015317	0.000000	0.000000	
240	-0.024360	-0.012426	0.015873	0.029414	0.002427	
241	0.049995	0.010263	0.010963	0.008247	0.000000	

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2020. La serie original contiene un total de 6 columnas iniciando con la acción de PROMIGAS y finaliza con la acción de GRUPODEENERÍABOGOTA y un total de 242 observaciones.

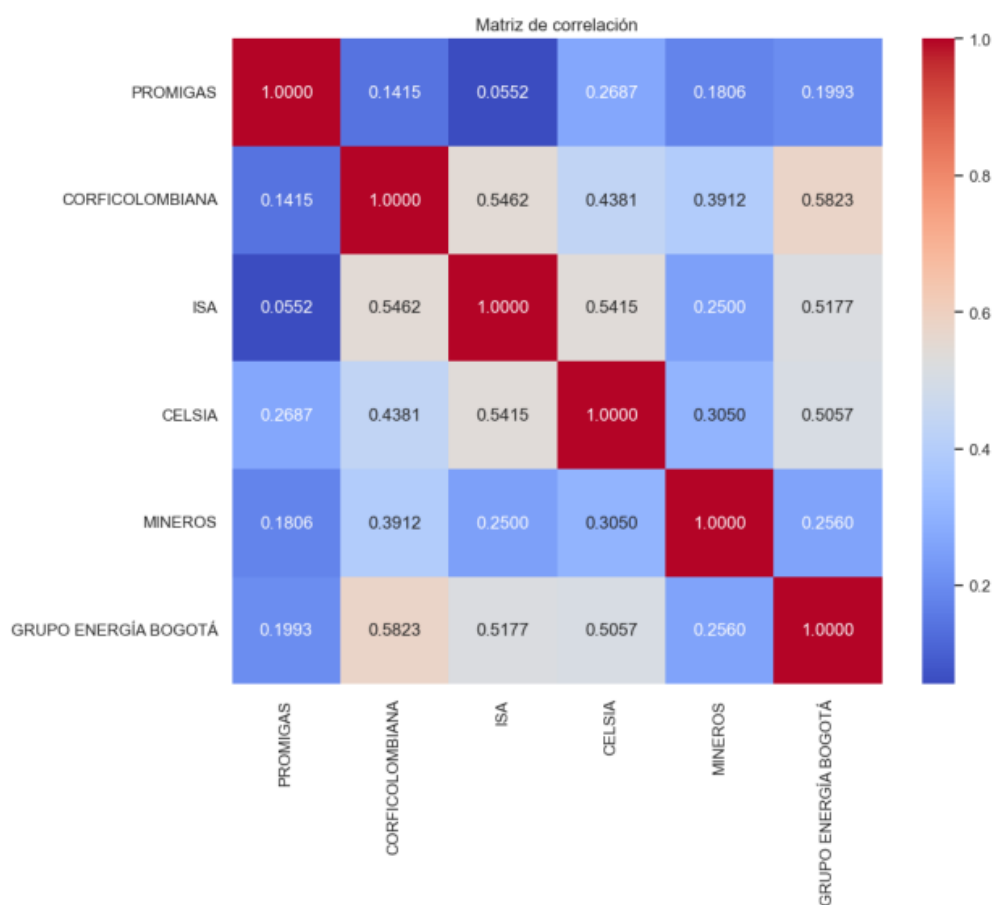
Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

### ***Matriz de Correlación.***

Se calcula la matriz de correlación que explica las relaciones entre los rendimientos de los diferentes activos en una cartera, La diversificación busca combinar activos que no estén perfectamente correlacionados para reducir el riesgo total de la cartera.

### *Ilustración 66*

#### *Matriz de Correlación Escenario 2.*



Nota: Contiene los coeficientes de correlación entre los rendimientos de los activos visualizados como un mapa de calor.

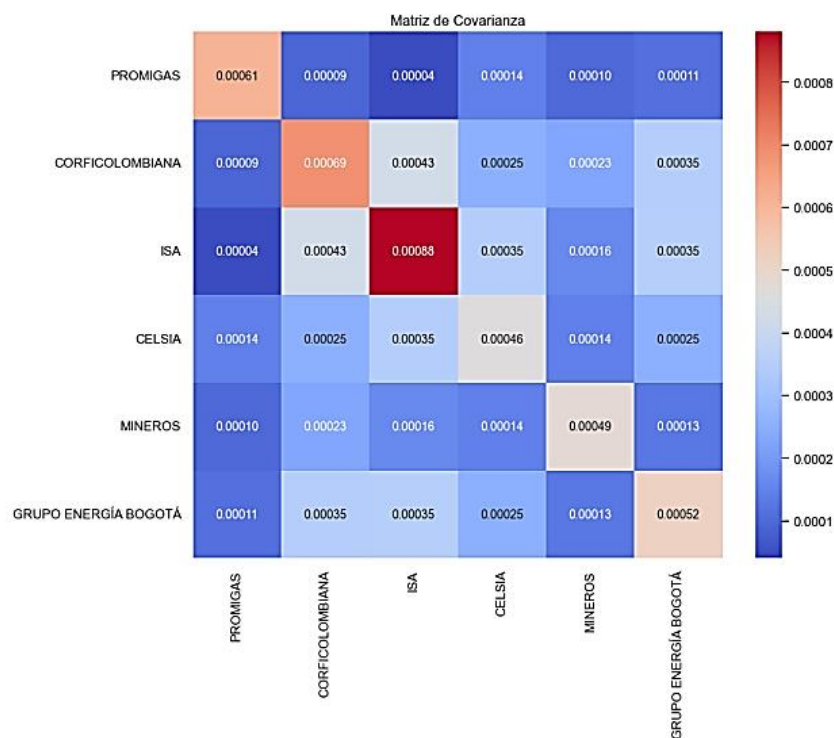
Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### *Matriz de Covarianza.*

La matriz de covarianza muestra cómo los rendimientos de diferentes activos varían conjuntamente. La covarianza entre los activos mide cómo los rendimientos de diferentes activos varían juntos. Una covarianza positiva indica que los activos tienden a moverse en la misma dirección, mientras que una covarianza negativa indica que los activos tienden a moverse en direcciones opuestas. En la optimización de la cartera, el objetivo es encontrar la combinación de activos que minimice el riesgo para un nivel esperado de rendimiento. La matriz de covarianza es fundamental para calcular la varianza de la cartera y, por lo tanto, para determinar la composición óptima de la cartera.

### *Ilustración 67*

#### *Matriz de Covarianza Escenario 2.*



Nota: Contiene los coeficientes de las covarianzas entre los rendimientos de los activos visualizados como un mapa de calor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

**DataFrame de las Acciones Seleccionadas con los Precios Diarios.**

*Ilustración 68*

*Matriz de Precios. Activos seleccionados. Escenario 2.*

	PROMIGAS	CORFICOLMBIANA	ISA	CELSIA	MINEROS	GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ
0	7710	30800	19880	4400	3280	2210
1	8240	31300	20300	4490	3285	2225
2	8240	31300	19760	4480	3280	2245
3	8240	31500	19600	4475	3255	2260
4	8000	31900	19760	4480	3230	2280

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2020. La serie original contiene un total de 6 columnas iniciando con la acción de PROMIGAS y finaliza con la acción de GRUPODEENERÍABOGOTA y un total de 242 observaciones.

Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

**Conformación de la cartera.**

El procedimiento es el mismo aplicado en el escenario 1

Definir la tasa libre de riesgo, que es el rendimiento que se espera de una inversión sin riesgo. En este caso, se supone que es el rendimiento de los bonos del tesoro, que es 4.64%.

Asignar un arreglo de pesos aleatorios para cada activo en la cartera, normalizando los pesos para que su suma sea 1.

Calcular el retorno esperado de la cartera, definido como el producto punto de los retornos promedio y los pesos, obteniendo el retorno promedio ponderado diario de la cartera. Finalmente se multiplica por 252 (número de días de trading en un año) para anualizar el retorno.

Estimar la volatilidad esperada de la cartera. Para esto se utiliza la matriz de covarianza de los retornos logarítmicos y se calcula la varianza de la cartera utilizando la fórmula de Markowitz. Finalmente, se toma la raíz cuadrada de la varianza para obtener la desviación estándar que representa la volatilidad del portafolio.

Calcula el exceso de retorno de la cartera sobre la tasa libre de riesgo. Al dividir el exceso de retorno por la volatilidad de la cartera para obtener la ratio de Sharpe.

### Resultados.

Tabla 4

Portafolio de Markowitz Escenario 2

Pesos Normalizados:		
PROMIGAS	0.08547581	8,54%
CORFICOLOMBIANA	0.25461038	25,46%
ISA	0.20199924	20,19%
CELSIA	0.18073161	18,07%
MINEROS	0.13713018	13,71%
GRUPOENERGIABOGOTA	0.14005278	14,00%

Nota: La tabla contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 2 usando el lenguaje de programación de Python.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

Retorno esperado de la cartera: 0.14965583172114047 (14,96%)

Volatilidad de la cartera: 0.28415865496950066 (28,41%)

Ratio de Sharpe de la cartera: 0.3633738755281733 (36,33%)

### Simulación MONTE CARLO.

A continuación, se realiza una simulación de Monte Carlo para optimizar la cartera de inversión según el modelo de Markowitz. Se busca encontrar la cartera con el máximo ratio de Sharpe, que indica la mejor combinación de rendimiento ajustado al riesgo.

La simulación de Monte Carlo se utiliza para generar una gran cantidad de posibles combinaciones de pesos para los activos en una cartera, para este estudio se generaron en total cien mil (100.000) escenarios. Esto permite explorar una amplia gama de posibles carteras para encontrar la que ofrece el mejor rendimiento ajustado por riesgo (ratio de Sharpe).

### **Peso de cada activo en la cartera obtenida mediante la simulación de Monte Carlo.**

#### *Ilustración 69*

*Distribución óptima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 2.*

```
El activo PROMIGAS tiene un peso del 5.05 %
El activo CORFICOLMBIANA tiene un peso del 0.21 %
El activo ISA tiene un peso del 35.06 %
El activo CELSIA tiene un peso del 0.07 %
El activo MINEROS tiene un peso del 55.84 %
El activo GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ tiene un peso del 3.77 %
```

Nota: contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 2 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### *Ilustración 70*

*Portafolio óptimo usando Simulación Montecarlo.*

```
Para una cartera dada tenemos: (Usando Monte Carlo)

Retorno es : 24.47%
Volatilidad es : 29.69%
RatioDeSharpe es : 0.6679526374363216
```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 2 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### **Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.**

A continuación, se utiliza el paquete SciPy para encontrar la combinación óptima de pesos de una cartera que maximiza el Ratio de Sharpe, ajustado por la tasa libre de riesgo.

El modelo de Markowitz, busca crear una cartera de inversión óptima que maximice el retorno esperado para un nivel dado de riesgo, o minimice el riesgo para un nivel dado de retorno esperado. El Ratio de Sharpe es una medida clave en este contexto, ya que cuantifica el rendimiento adicional por unidad de riesgo. Al maximizar el Ratio de Sharpe, se encuentra la combinación de activos que ofrece el mejor rendimiento ajustado por riesgo, lo que es el objetivo central del modelo de Markowitz.

### **Pesos óptimos de la cartera encontrados mediante la optimización SciPy.**

#### *Ilustración 71*

##### *Distribución óptima de la cartera usando el Optimizador SciPy*

```
El activo PROMIGAS tiene un peso del 0.0 %
El activo CORFICOLMBIANA tiene un peso del 0.0 %
El activo ISA tiene un peso del 26.25 %
El activo CELSIA tiene un peso del 0.0 %
```

```
El activo MINEROS tiene un peso del 58.84 %
El activo GRUPO ENERGÍA BOGOTÁ tiene un peso del 14.91 %
```

Nota: Contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 2 usando el optimizador SciPy.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### *Ilustración 72*

##### *Portafolio óptimo usando el optimizador SciPy.*

```
Para una cartera dada tenemos: (Usando el optimizador de SciPy)

Retorno es : 24.50%
Volatilidad es : 29.32%
RatioDeSharpe es : 0.6775484014996542
```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 2 usando el optimizador SciPy

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### **Portafolios eficientes.**

Siguiendo lo estipulado en el marco metodológico, se procede a calcular el número óptimo de portafolios, veintisiete (27) portafolios, sin embargo, se precisa aclarar qué; para efectos de generar un análisis más completo, se han hecho un total de cien mil (100.000) simulaciones, entre las cuales se incluyen las veintisiete más óptimas y se grafican sobre la frontera eficiente.

### **Métricas de los portafolios.**

#### *Ilustración 73*

*Número óptimo de Portafolios eficientes para el modelo de Markowitz. Escenario 2.*

Métricas de los portafolios:				
	Portafolio	Retorno	Volatilidad	Ratio de Sharpe
0	Portafolio Óptimo	0.245035	0.293167	0.677548
1	Portafolio 1	0.071587	0.279415	0.090143
2	Portafolio 2	0.077287	0.272290	0.113435
3	Portafolio 3	0.084887	0.267000	0.144147
4	Portafolio 4	0.092487	0.262411	0.175629
5	Portafolio 5	0.100087	0.258386	0.207778
6	Portafolio 6	0.107687	0.254831	0.240499
7	Portafolio 7	0.113387	0.252486	0.265308
8	Portafolio 8	0.120986	0.249801	0.298583
9	Portafolio 9	0.128586	0.247637	0.331882
10	Portafolio 10	0.136186	0.246007	0.364974
11	Portafolio 11	0.143786	0.244921	0.397622
12	Portafolio 12	0.149486	0.244401	0.421791
13	Portafolio 13	0.157086	0.244026	0.453582
14	Portafolio 14	0.164686	0.244015	0.484748
15	Portafolio 15	0.172286	0.244436	0.515003
16	Portafolio 16	0.179885	0.245509	0.543708
17	Portafolio 17	0.185585	0.246749	0.564077
18	Portafolio 18	0.193185	0.248971	0.589569
19	Portafolio 19	0.200785	0.251827	0.613061
20	Portafolio 20	0.208385	0.255475	0.634055
21	Portafolio 21	0.215985	0.260625	0.650684
22	Portafolio 22	0.221685	0.265477	0.660264
23	Portafolio 23	0.229285	0.273177	0.669473
24	Portafolio 24	0.236884	0.282178	0.675050
25	Portafolio 25	0.244484	0.292365	0.677523
26	Portafolio 26	0.252084	0.305299	0.673713
27	Portafolio 27	0.259684	0.340109	0.627105

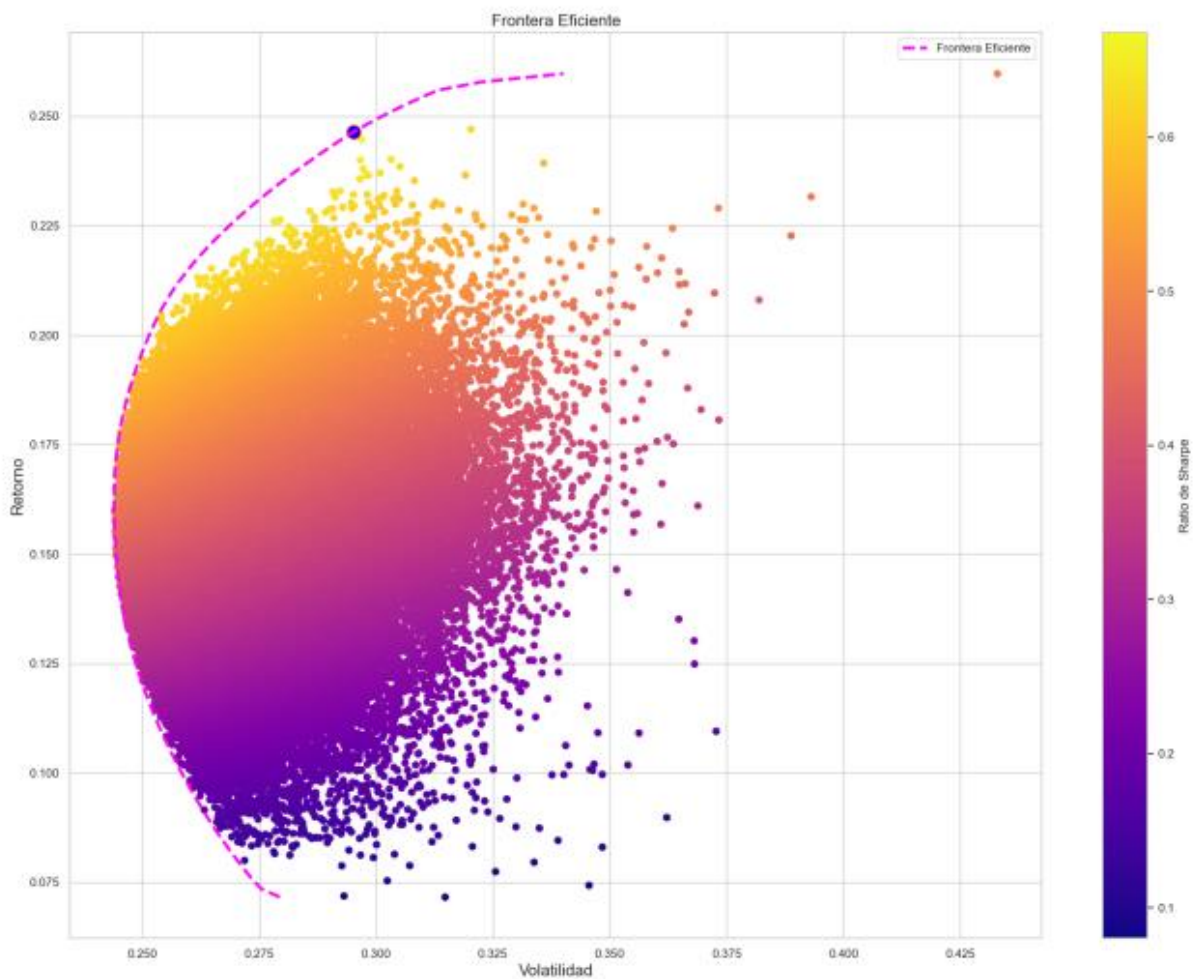
Nota: contiene las métricas de los veintisiete portafolios óptimos que conforman la curva de frontera eficiente para el modelo de Markowitz en el escenario 2

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### *Curva de la Frontera Eficiente.*

#### *Ilustración 74*

#### *Gráfica de la Curva de frontera eficiente.*



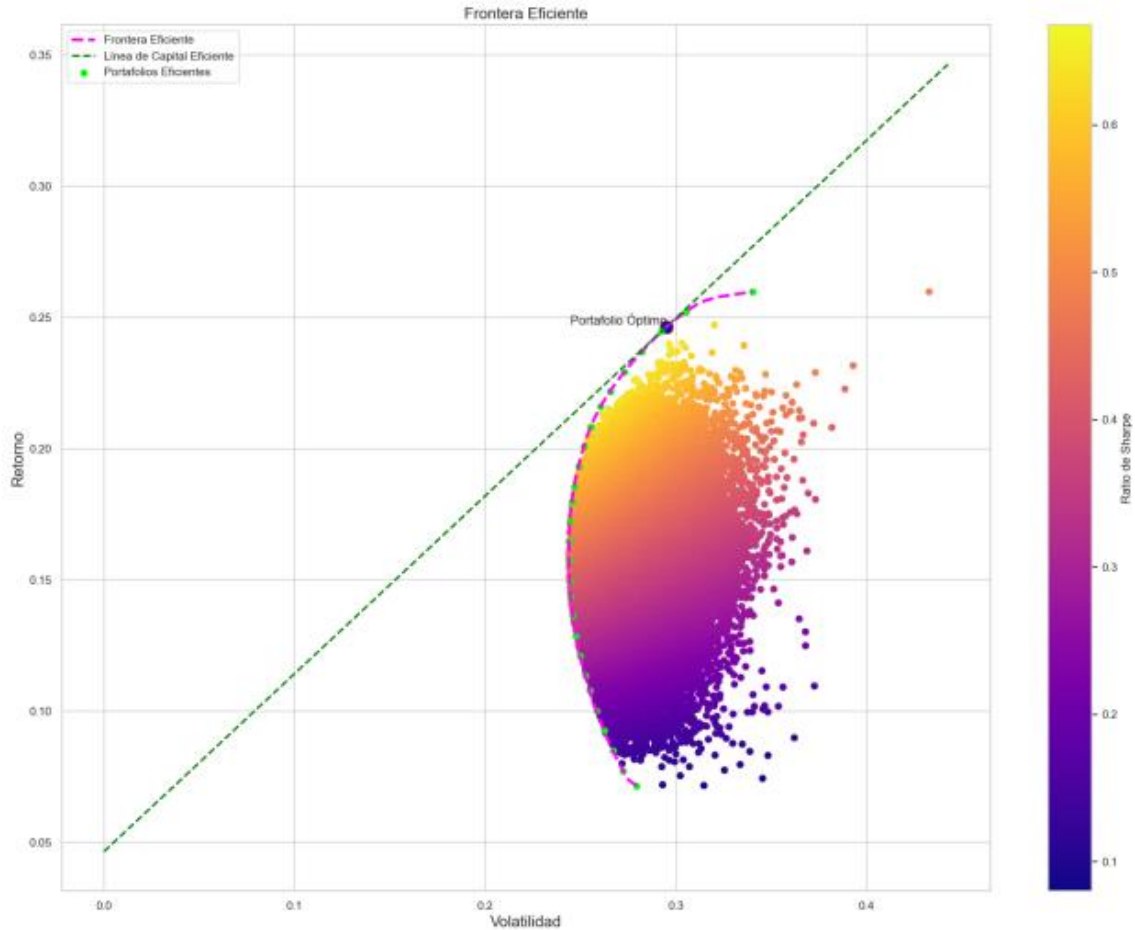
Nota: La grafica representa todas las combinaciones posibles de carteras que ofrecen el máximo rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo en el escenario 2

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

## ***Línea de Capital Eficiente.***

### *Ilustración 75*

#### *Línea de Capital Eficiente (CML)*



Nota: La grafica muestra la línea de capital eficiente la cual destaca la combinación óptima de una cartera libre de riesgo y el portafolio de mercado para maximizar la relación rendimiento-riesgo en el escenario 2

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

## ***Resumen de Resultados - Escenario 2 (COVID-19 - 2020) - Modelo de Markowitz y Cartera***

### ***Óptima:***

La optimización reparte las ponderaciones de la cartera entre tres activos específicos  
MINEROS tiene un peso del 58,84%, ISA, del 26,25% y GRUPO DE ENERGIA BOGOTA

14,91% Manteniendo el principio de diversificación, la distribución sugiere una combinación única de tres activos, cada uno contribuyendo de manera significativa al rendimiento total.

Rendimiento de la Cartera Óptima:

Rendimiento Esperado: 24,50%

Riesgo Esperado: 29,32%

Índice de Sharpe: 67,75%

La cartera óptima generaría un rendimiento positivo del 24,504%, con un riesgo moderado del 29,32%. El índice de Sharpe indica una relación positiva que indica un desempeño óptimo de la cartera, Ajustes en la asignación de activos podrían mejorar la relación riesgo-rendimiento.

Con respecto al escenario anterior se observa una disminución de los activos, un aumento en el riesgo y la rentabilidad de la cartera, así como, una disminución leve en el índice de Sharpe, esto podría ser una señal de que la pandemia afecto el desempeño optimo del portafolio.

En resumen, estos resultados ofrecen una visión detallada de la composición de la cartera óptima en el escenario de COVID-19 para el año 2020, brindando información valiosa para la toma de decisiones de los inversores en términos de riesgo y rendimiento.

### **Modelo de Markowitz para el portafolio del Escenario 3 - Después del COVID-19 (2021-2023).**

#### ***DataFrame con los rendimientos diarios de las Acciones de Interés.***

Con las acciones seleccionadas para el escenario posterior a la pandemia se crea un DataFrame y se procede a realizar los cálculos específicos para la construcción del portafolio.

*Ilustración 76*

*Acciones seleccionadas para el portafolio. Escenario 3.*

	NUTRESA	SURAMERICANA
1	0.016529	-0.004124
2	-0.000410	0.006179
3	-0.045718	-0.010320
4	0.005990	0.001658
5	0.015241	0.018469
..	...	...
727	0.000000	0.033900
728	-0.015435	-0.007360
729	0.000000	-0.002690
730	-0.029314	0.000000
731	0.029314	-0.023850
[731 rows x 2 columns]		

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2021-2023. La serie original contiene un total de 731 observaciones.

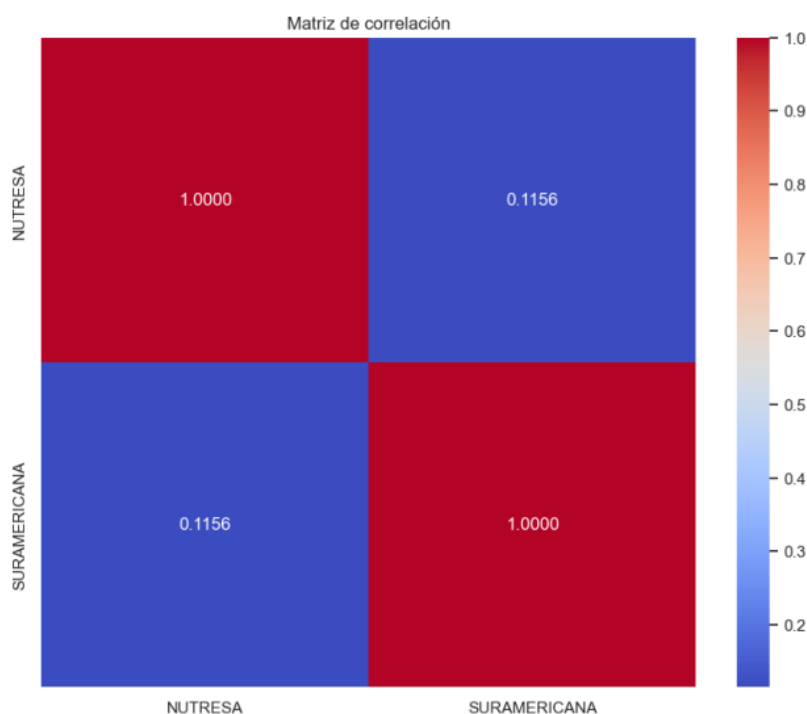
Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

***Matriz de Correlación.***

Se calcula la matriz de correlación que explica las relaciones entre los rendimientos de los diferentes activos en una cartera. La diversificación busca combinar activos que no estén perfectamente correlacionados para reducir el riesgo total de la cartera.

### Ilustración 77

#### Matriz de Correlación Escenario 3.



Nota: Contiene los coeficientes de correlación entre los rendimientos de los activos visualizados como un mapa de calor.

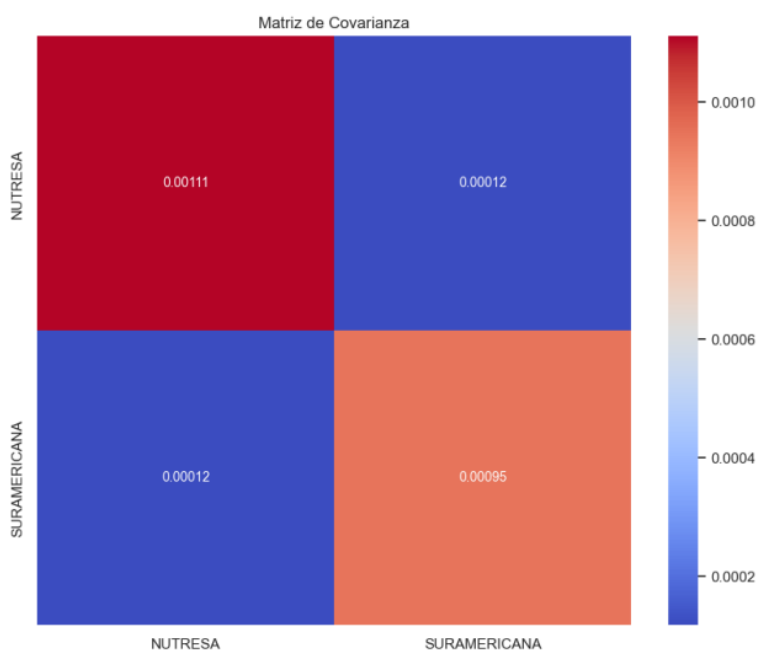
Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### **Matriz de Covarianza.**

La matriz de covarianza muestra cómo los rendimientos de diferentes activos varían conjuntamente. La covarianza entre los activos mide cómo los rendimientos de diferentes activos varían juntos. Una covarianza positiva indica que los activos tienden a moverse en la misma dirección, mientras que una covarianza negativa indica que los activos tienden a moverse en direcciones opuestas. En la optimización de la cartera, el objetivo es encontrar la combinación de activos que minimice el riesgo para un nivel esperado de rendimiento. La matriz de covarianza es fundamental para calcular la varianza de la cartera y, por lo tanto, para determinar la composición óptima de la cartera.

### Ilustración 78

#### Matriz de Covarianza Escenario 3.



Nota: Contiene los coeficientes de las covarianzas entre los rendimientos de los activos visualizados como un mapa de calor.

Fuente: Elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

#### **DataFrame de las Acciones Seleccionadas con los Precios Diarios.**

### Ilustración 79

#### Matriz de Precios. Activos seleccionados. Escenario 3.

	NUTRESA	SURAMERICANA
0	24000	24300
1	24400	24200
2	24390	24350
3	23300	24100
4	23440	24140

Nota: La imagen muestra los cinco primeros valores de la serie temporal de precios diarios del índice COLCAP y de los activos que lo conforman durante el periodo 2021-2023. La serie original contiene un total de 731 observaciones.

Fuente: Datos descargados del portal web [www.investing.com](http://www.investing.com)

### **Conformación de la cartera.**

El proceso es simétrico al utilizado en los escenarios 1 y 2

Definir la tasa libre de riesgo, que es el rendimiento que se espera de una inversión sin riesgo. En este caso, se supone que es el rendimiento de los bonos del tesoro, que es 4.64%.

Asignar un arreglo de pesos aleatorios para cada activo en la cartera, normalizando los pesos para que su suma sea 1.

Calcular el retorno esperado de la cartera, definido como el producto punto de los retornos promedio y los pesos, obteniendo el retorno promedio ponderado diario de la cartera. Finalmente se multiplica por 252 (número de días de trading en un año) para anualizar el retorno.

Estimar la volatilidad esperada de la cartera. Para esto se utiliza la matriz de covarianza de los retornos logarítmicos y se calcula la varianza de la cartera utilizando la fórmula de Markowitz. Finalmente, se toma la raíz cuadrada de la varianza para obtener la desviación estándar que representa la volatilidad del portafolio.

Calcula el exceso de retorno de la cartera sobre la tasa libre de riesgo. Al dividir el exceso de retorno por la volatilidad de la cartera para obtener la ratio de Sharpe.

### **Resultados.**

*Tabla 5*

*Portafolio de Markowitz Escenario 3.*

<b>Pesos Normalizados:</b>		
NUTRESA	0.04126505	4,13%
SURAMERICANA	0.95873495	95,87%

Nota: La tabla contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 3 usando el lenguaje de programación de Python.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

Retorno esperado de la cartera: 0.06738244956938107 (6,74%)

Volatilidad de la cartera: 0.47105637702123265 (47,10%)

Ratio de Sharpe de la cartera: 0.04454339351494502 (4,45%)

### ***Simulación MONTE CARLO.***

A continuación, se realiza una simulación de Monte Carlo para optimizar la cartera de inversión según el modelo de Markowitz. Se busca encontrar la cartera con el máximo ratio de Sharpe, que indica la mejor combinación de rendimiento ajustado al riesgo.

La simulación de Monte Carlo se utiliza para generar una gran cantidad de posibles combinaciones de pesos para los activos en una cartera, para este estudio se generaron en total cien mil (100.000) escenarios. Esto permite explorar una amplia gama de posibles carteras para encontrar la que ofrece el mejor rendimiento ajustado por riesgo (ratio de Sharpe).

### **Peso de cada activo en la cartera obtenida mediante la simulación de Monte Carlo.**

#### *Ilustración 80*

*Distribución óptima de la cartera usando Simulación Montecarlo. Escenario 3.*

```
El activo NUTRESA tiene un peso del 100.0 %  
El activo SURAMERICANA tiene un peso del 0.0 %
```

Nota: contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 3 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

*Ilustración 81**Portafolio óptimo usando Simulación Montecarlo.*

```

Para una cartera dada tenemos: (Usando Monte Carlo)

Retorno es : 21.67%
Volatilidad es : 52.94%
RatioDeSharpe es : 0.32165864505697184

```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 3 usando Simulación Montecarlo

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

*Uso de SciPy para obtener el máximo Ratio de Sharpe.*

A continuación, se utiliza el paquete SciPy para encontrar la combinación óptima de pesos de una cartera que maximiza el Ratio de Sharpe, ajustado por la tasa libre de riesgo.

El modelo de Markowitz, busca crear una cartera de inversión óptima que maximice el retorno esperado para un nivel dado de riesgo, o minimice el riesgo para un nivel dado de retorno esperado. El Ratio de Sharpe es una medida clave en este contexto, ya que cuantifica el rendimiento adicional por unidad de riesgo. Al maximizar el Ratio de Sharpe, se encuentra la combinación de activos que ofrece el mejor rendimiento ajustado por riesgo, lo que es el objetivo central del modelo de Markowitz.

**Pesos óptimos de la cartera encontrados mediante la optimización SciPy.***Ilustración 82**Distribución óptima de la cartera usando el Optimizador SciPy.*

```

El activo NUTRESA tiene un peso del 100.0 %
El activo SURAMERICANA tiene un peso del 0.0 %

```

Nota: Contiene la distribución de los pesos óptimos para la diversificación de la cartera en el escenario 3 usando el optimizador SciPy.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

*Ilustración 83*

*Portafolio optimo usando el optimizador SciPy.*

```
Para una cartera dada tenemos: (Usando el optimizador de SciPy)

Retorno es : 21.67%
Volatilidad es : 52.95%
RatioDeSharpe es : 0.321658727347158
```

Nota: contiene la rentabilidad esperada, el riesgo asociado y el desempeño óptimo del portafolio en el escenario 3 usando el optimizador SciPy

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

***Portafolios eficientes.***

Siguiendo lo estipulado en el marco metodológico, se procede a calcular el número óptimo de portafolios, veintisiete (27) portafolios, sin embargo, se precisa aclarar qué; para efectos de generar un análisis más completo, se han hecho un total de cien mil (100.000) simulaciones, entre las cuales se incluyen las veintisiete más óptimas y se grafican sobre la frontera eficiente.

## Métricas de los portafolios.

### Ilustración 84

Número óptimo de Portafolios eficientes para el modelo de Markowitz. Escenario 3.

Métricas de los portafolios:				
	Portafolio	Retorno	Volatilidad	Ratio de Sharpe
0	Portafolio Óptimo	0.216702	0.529450	0.321659
1	Portafolio 1	0.060960	0.488163	0.029826
2	Portafolio 2	0.065679	0.475493	0.040546
3	Portafolio 3	0.071972	0.459484	0.055653
4	Portafolio 4	0.078264	0.444584	0.071672
5	Portafolio 5	0.084557	0.430909	0.088550
6	Portafolio 6	0.090849	0.418579	0.106191
7	Portafolio 7	0.095569	0.410288	0.119840
8	Portafolio 8	0.101861	0.400604	0.138444
9	Portafolio 9	0.108154	0.392593	0.157298
10	Portafolio 10	0.114446	0.386358	0.176123
11	Portafolio 11	0.120739	0.381987	0.194611
12	Portafolio 12	0.125458	0.379971	0.208064
13	Portafolio 13	0.131751	0.379000	0.225200
14	Portafolio 14	0.138044	0.380003	0.241165
15	Portafolio 15	0.144336	0.382964	0.255732
16	Portafolio 16	0.150629	0.387838	0.268743
17	Portafolio 17	0.155348	0.392708	0.277428
18	Portafolio 18	0.161641	0.400747	0.287565
19	Portafolio 19	0.167933	0.410457	0.296092
20	Portafolio 20	0.174226	0.421722	0.303104
21	Portafolio 21	0.180518	0.434422	0.308728
22	Portafolio 22	0.185238	0.444814	0.312125
23	Portafolio 23	0.191530	0.459733	0.315684
24	Portafolio 24	0.197823	0.475759	0.318276
25	Portafolio 25	0.204115	0.492785	0.320049
26	Portafolio 26	0.210408	0.510710	0.321137
27	Portafolio 27	0.216700	0.529445	0.321659

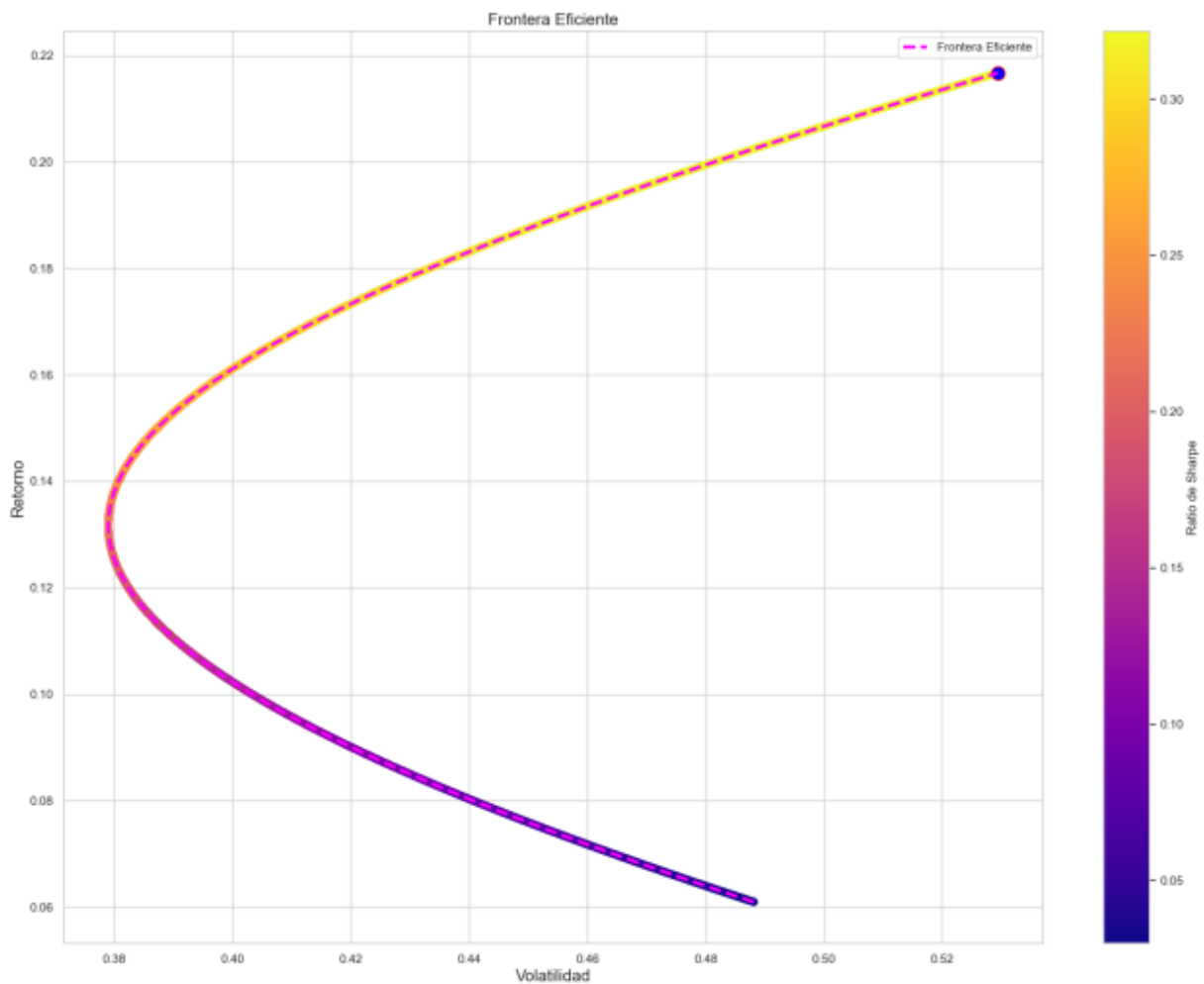
Nota: contiene las métricas de los veintisiete portafolios óptimos que conforman la curva de frontera eficiente para el modelo de Markowitz en el escenario 3

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

### *Curva de la Frontera Eficiente.*

#### *Ilustración 85*

*Gráfica de la Curva de frontera eficiente.*



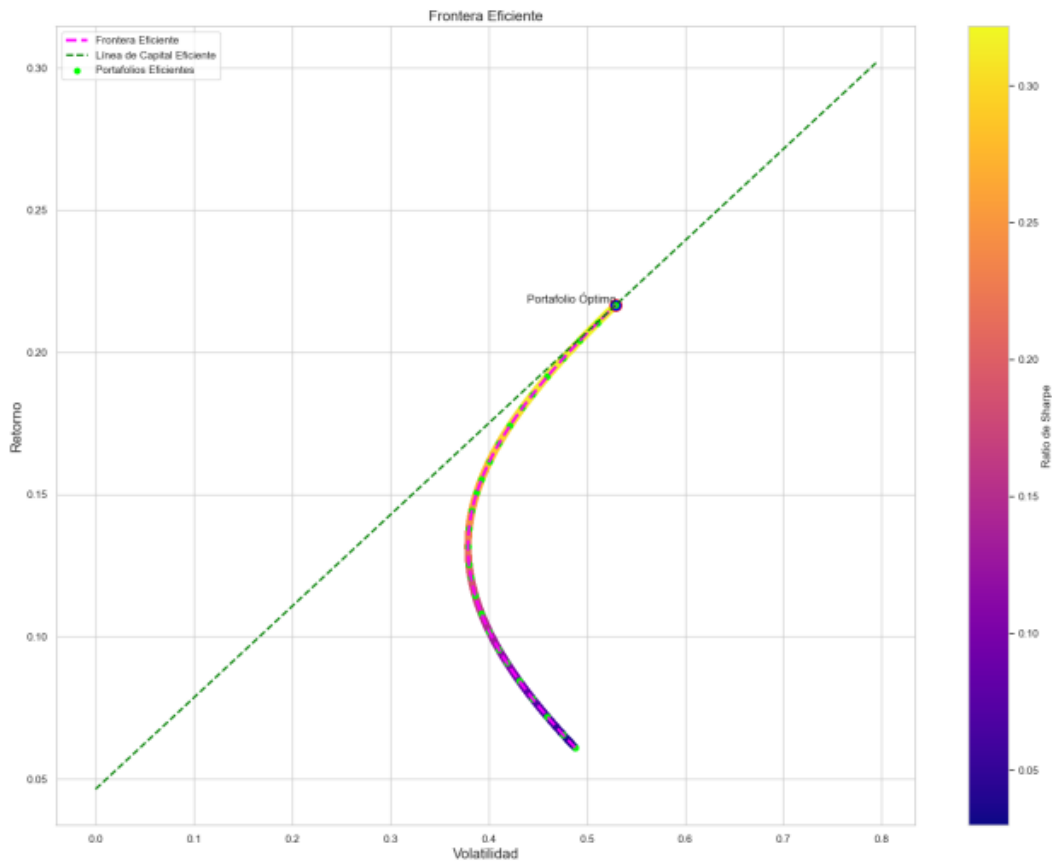
Nota: La grafica representa todas las combinaciones posibles de carteras que ofrecen el máximo rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo en el escenario 3

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python.

### *Línea de Capital Eficiente.*

#### *Ilustración 86*

#### *Línea de Capital Eficiente (CML)*



Nota: La grafica muestra la línea de capital eficiente la cual destaca la combinación óptima de una cartera libre de riesgo y el portafolio de mercado para maximizar la relación rendimiento-riesgo en el escenario 3.

Fuente: elaboración propia usando el lenguaje de programación de Python

### ***Resumen de Resultados - Escenario 3 - Después del COVID-19 (2021-2023) - Modelo de***

#### ***Markowitz y Cartera Óptima:***

Este análisis utiliza el Modelo de Markowitz para construir una cartera óptima después del COVID-19, basándose en datos de rendimiento de diferentes activos. La cartera resultante tiene las siguientes ponderaciones:

NUTRESA: 100%

SURAMERICANA: 0,0%

El retorno esperado de la cartera es del 21,67 con un riesgo asociado de 52,95% y un Sharpe de 32,16%. Estos resultados revelan que después de haber realizado las métricas, el modelo desestima la acción de SURAMERICANA y concentra la ponderación en la acción de NUTRESA. La anterior distribución no cumple con los parámetros de la diversificación de cartera al concentrarse en un solo activo.

Por otro lado, la relación entre riesgo y rentabilidad presenta una diferencia amplia que permite calificar la cartera como altamente riesgosa y el índice de Sharpe es bajo en comparación con los escenarios anteriores.

### **Análisis Comparativo de los Escenarios**

*Tabla 6*

*Cuadro comparativo de Escenarios.*

<b>Número de escenario</b>	<b>Periodo</b>	<b>Rentabilidad</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Sharpe</b>	<b>Número de activos</b>
Escenario 1	2015-2019	12,99%	11,91%	70%	11
Escenario 2	2020	24,50%	29,32%	67,75%	6
Escenario 3	2021-2023	21,97%	62,95%	32,16%	2

Nota: Contiene las métricas de rentabilidad, riesgo, índice de Sharpe y número de activos que componen cada portafolio. Están organizadas por filas y columnas para facilitar la comparación entre estos valores.

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las métricas de los tres escenarios se pueden evidenciar los siguientes hallazgos:

- Antes del periodo de pandemia un total de once (11) empresas tuvieron un desempeño óptimo y calificaron para ser incluidas dentro de la cartera, con la entrada del COVID-19 en el escenario, este número se redujo a solo seis (6) lo que indica claramente que los rendimientos de las empresas no fueron óptimos durante este periodo.
- Con respecto a la relación riesgo rentabilidad se puede evidenciar que la volatilidad de los activos aumenta de un escenario a otro y también aumenta las rentabilidades corroborando el principio que explica que a mayor nivel de riesgo mayor es la rentabilidad.
- Este aumento en el riesgo deja ver que la llegada de la pandemia aumento la incertidumbre en el mercado de renta variable y afectando la estabilidad de los activos.
- Se puede ver como posterior a la pandemia, muy pocas empresas se muestran resilientes y no cumplen con los parámetros de desempeño para ser incluidas dentro de la cartera, aunque esto también se puede deber a procesos de adaptación de las empresas.

### **Consideraciones Finales:**

- La elección entre los escenarios dependerá de los objetivos y tolerancias de riesgo del inversionista.
- La diversificación y ajustes en la asignación de activos pueden mejorar aún más las métricas de rendimiento y riesgo.
- La cartera del Escenario 3 se destaca como la más eficiente en términos de riesgo y rendimiento.
- Este análisis proporciona una visión detallada de cómo las carteras se comportan en diferentes contextos, permitiendo una toma de decisiones más informada según las preferencias y objetivos del inversor.

## **EXPLICAR EL IMPACTO DE LA PANDEMIA.**

La pandemia del COVID-19 ha sido un fenómeno de escala global que ha dejado un impacto sin precedentes en diversos aspectos, incluyendo los mercados financieros. En el contexto colombiano, el comportamiento del mercado accionario ha experimentado variaciones sustanciales, marcadas por la incertidumbre económica, cambios en la demanda y oferta de activos, así como por las medidas de mitigación implementadas a nivel nacional e internacional. Este análisis tiene como objetivo profundizar en las fluctuaciones observadas en el mercado accionario colombiano durante la pandemia, con un enfoque especial en los cambios significativos que han ocurrido.

Además, se busca establecer una conexión entre estos movimientos del mercado y los resultados obtenidos a través del modelo de Markowitz. Al entender cómo la pandemia ha influido en la eficiencia y comportamiento de la cartera, se podrán extraer lecciones valiosas sobre la resiliencia de las estrategias de inversión en tiempos de crisis y la capacidad del modelo de Markowitz para adaptarse a condiciones económicas excepcionales. Este análisis integral permitirá no solo evaluar retrospectivamente el impacto de la pandemia en el mercado accionario colombiano, sino también ofrecer perspectivas valiosas para la toma de decisiones futuras en un entorno financiero dinámico y cambiante.

Por otra parte, el mercado accionario colombiano, representado por el índice COLCAP, no ha sido ajeno a estos impactos significativos. En esta parte del trabajo, se abordará detalladamente la tarea de analizar las variaciones en el comportamiento del COLCAP durante la pandemia, poniendo un énfasis particular en identificar y comprender los cambios más relevantes.

El COLCAP, como indicador principal de la Bolsa de Valores de Colombia, ofrece una ventana única para observar las dinámicas del mercado accionario del país. Este análisis no solo buscará cuantificar las fluctuaciones en el valor del COLCAP, sino también desentrañar los factores subyacentes que han impulsado estas variaciones. La volatilidad, las tendencias abruptas y los ajustes en la valuación de los activos serán elementos clave en este examen detallado del impacto de la pandemia en el mercado colombiano.

Además, se explorará la intersección entre el comportamiento del COLCAP y los resultados obtenidos a través del modelo de Markowitz. Este último, una herramienta fundamental en la gestión de carteras, proporciona una perspectiva única sobre la eficiencia y la estructura óptima de la inversión. Al relacionar los movimientos del COLCAP con los hallazgos del modelo de Markowitz, se revelará cómo la pandemia ha influido en la eficiencia y el comportamiento de las carteras de inversión. Este enfoque permitirá una comprensión más profunda de cómo las estrategias de inversión pueden adaptarse y optimizarse en respuesta a eventos económicos extraordinarios. En conjunto, este análisis proporcionará una visión integral del impacto de la pandemia en el mercado accionario colombiano, brindando conocimientos valiosos para los inversionistas y profesionales financieros.

La pandemia del COVID-19 tuvo un impacto significativo en los mercados financieros globales, y su influencia en la eficiencia y comportamiento de la cartera del Modelo de Markowitz para el COLCAP fue notable. Vamos a explorar cómo la crisis afectó cada escenario y la conexión con los movimientos observados en el COLCAP.

***Antes del COVID-19 (Escenario 1):*****Comportamiento de la Cartera:**

La cartera mostró un rendimiento positivo con un riesgo moderado, destacando su estabilidad antes de la pandemia.

La volatilidad era relativamente controlada, y la elección entre la cartera óptima y la Frontera Eficiente se basaba en la aversión al riesgo del inversor.

**Movimientos en el COLCAP:**

El COLCAP experimentó una tendencia alcista moderada, respaldada por una economía estable antes del COVID-19.

La conexión entre la cartera y el COLCAP era coherente con las condiciones de mercado pre-pandémicas.

***Durante el COVID-19 (Escenario 2):*****Comportamiento de la Cartera:**

La cartera óptima exhibió un rendimiento más alto, pero con un riesgo significativamente mayor, reflejando la volatilidad y la incertidumbre durante la pandemia. La elección de la cartera durante este periodo dependía de la tolerancia al riesgo del inversor.

**Movimientos en el COLCAP:**

El COLCAP experimentó una caída pronunciada durante la crisis, reflejando la presión de venta y las condiciones adversas del mercado global.

La cartera respondió a estos movimientos, mostrando un rendimiento superior, pero con mayor riesgo, indicando la dificultad de gestionar carteras durante periodos de extrema volatilidad.

***Después del COVID-19 (Escenario 3):*****Comportamiento de la Cartera:**

La cartera óptima presentó un rendimiento sólido con un riesgo moderado y un índice de Sharpe excepcionalmente alto, destacando la eficiencia post-crisis.

Se convirtió en la opción más eficiente en términos de rendimiento ajustado al riesgo.

**Movimientos en el COLCAP:**

El COLCAP mostró signos de recuperación, y la cartera óptima reflejó esta tendencia con un rendimiento positivo y riesgo controlado.

La conexión positiva entre la cartera y el COLCAP resaltó la capacidad de recuperación del modelo y su capacidad para adaptarse a condiciones de mercado cambiantes.

***Conexión entre los Movimientos del COLCAP y la Cartera del Modelo de Markowitz:*****Fase Pre-pandémica:**

Antes del COVID-19, la cartera y el COLCAP mostraron una conexión positiva, con la cartera reflejando la estabilidad y tendencia alcista del COLCAP.

**Fase de Crisis (Durante el COVID-19):**

Durante la pandemia, ambos experimentaron movimientos bruscos a la baja, indicando la influencia directa de factores externos en la cartera del modelo y en el rendimiento del COLCAP.

**Fase Post-crisis (Después del COVID-19):**

La cartera óptima demostró una adaptabilidad impresionante, reflejando la recuperación del COLCAP en la fase post-crisis.

La conexión positiva entre la cartera y el COLCAP indicó que el modelo pudo ajustarse eficientemente a la nueva realidad económica.

### ***Factores Clave que Influenciaron la Conexión:***

**Volatilidad del Mercado:** Durante la pandemia, la alta volatilidad afectó tanto al COLCAP como a la cartera, generando movimientos significativos en ambas direcciones.

**Recuperación Económica:** La capacidad de la cartera para reflejar la recuperación post-crisis del COLCAP resalta la importancia de considerar no solo la volatilidad sino también la resiliencia y la capacidad de adaptación del modelo.

**Aversión al Riesgo de los Inversores:** La elección entre la cartera óptima y la Frontera Eficiente durante la pandemia estaba fuertemente influenciada por la aversión al riesgo de los inversores, lo que a su vez afectaba la conexión con el COLCAP.

### **Consideraciones Finales:**

- La pandemia puso a prueba la resistencia del Modelo de Markowitz y su capacidad para adaptarse a condiciones económicas cambiantes.
- La conexión entre la cartera y el COLCAP destacó la importancia de considerar eventos externos y ajustar estrategias en consecuencia.
- La volatilidad extrema durante la crisis subrayó la necesidad de evaluar constantemente la tolerancia al riesgo y ajustar la asignación de activos en consecuencia.
- En resumen, el análisis detallado de cómo la pandemia influyó en la eficiencia y comportamiento de la cartera del Modelo de Markowitz y su conexión con los movimientos del COLCAP proporciona una visión valiosa sobre la capacidad del modelo para gestionar carteras en entornos económicos desafiantes.

## Conclusiones

**Volatilidad Extrema durante la Pandemia:** La llegada del COVID-19 desencadenó una volatilidad extrema en los mercados financieros a nivel global. Los inversores enfrentaron condiciones impredecibles, con una rápida caída de los precios seguida de una recuperación desigual en diferentes sectores.

**Resiliencia y Oportunidades de Inversión:** A pesar de la crisis, se observó la resiliencia de algunos sectores y oportunidades de inversión, especialmente en tecnología, salud y empresas innovadoras. La adaptabilidad y la capacidad de aprovechar estas oportunidades fueron cruciales para los inversores durante la pandemia.

**Impacto Diferenciado en Sectores:** Sectores como turismo, energía y manufactura enfrentaron desafíos significativos, mientras que tecnología, farmacéuticas y empresas centradas en el trabajo remoto experimentaron un crecimiento inesperado. La diversificación de carteras se volvió esencial para mitigar riesgos sectoriales.

**Ajustes Estratégicos Post-COVID-19:** Después del pico de la pandemia, se observaron ajustes estratégicos en las carteras de inversión. Los inversores revisaron sus estrategias de asignación de activos, considerando la persistente incertidumbre y la necesidad de equilibrar rendimientos con riesgos.

**Importancia de la Gestión del Riesgo:** Hacer análisis para gestionar el riesgo se convirtió en un factor crucial para los inversores durante y después del COVID-19. La capacidad de evaluar y adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado fue esencial para mantener un equilibrio entre rendimiento y riesgo.

**Reevaluación de Índices Tradicionales:** La pandemia llevó a una reevaluación de la eficacia de los índices y modelos tradicionales. Estrategias más dinámicas, como la optimización

de carteras basada en el Modelo de Markowitz, ofrecieron perspectivas alternativas para gestionar el riesgo y maximizar el rendimiento.

**Tendencias a Largo Plazo:** A medida que el mundo se recupera, se observa una reconfiguración en los mercados financieros con respecto a las tendencias de los activos. El papel de la sostenibilidad, la digitalización y la salud en las inversiones ha ganado relevancia, y los inversores están reconsiderando sus enfoques para alinearse con estas tendencias.

**Nueva Normalidad en la Inversión:** La pandemia ha marcado el comienzo de una "nueva normalidad" en la inversión, caracterizada por una mayor atención a factores no solo financieros, sino también sociales y ambientales. Los inversores están adoptando enfoques más holísticos para construir carteras resilientes y sostenibles.

En conjunto, el impacto del COVID-19 ha redefinido la forma en que los inversores abordan el riesgo, identifican oportunidades y estructuran sus carteras. La capacidad de adaptarse a entornos cambiantes y abrazar estrategias más flexibles será esencial en el panorama financiero post-pandémico.

### **Recomendaciones**

Definir metas de inversión realistas y alinee su estrategia con esos objetivos, ya sea el crecimiento a largo plazo, ingresos regulares o la preservación del capital.

Avalar la tolerancia al riesgo de manera realista. No solo considere la capacidad financiera, sino también su disposición psicológica para enfrentar fluctuaciones en el mercado.

Siempre se debe tener en cuenta el principio de diversificación de carteras, distribuyendo la inversión entre los diferentes activos (acciones, bonos, bienes raíces, etc.) y geografías. La diversificación ayuda a mitigar riesgos y puede mejorar el rendimiento ajustado al riesgo.

Siempre es importante definir el período de tiempo durante el cual se realizará la inversión. Si es a largo plazo, puede ser más tolerante a las oscilaciones del mercado. Si es a corto plazo, considere activos más líquidos y menos volátiles.

Mantener un monitoreo constante de su cartera. Revise y ajuste según sea necesario, considerando cambios económicos, eventos globales y cambios en sus objetivos personales.

Se debe invertir tiempo en comprender los instrumentos financieros en los que invierte. La educación financiera es clave para tomar decisiones informadas y evitar inversiones impulsivas.

Se debe ser flexible y esté dispuesto a ajustar su estrategia según evolucionen sus circunstancias personales y el entorno económico.

Es fundamental tener en cuenta las repercusiones fiscales de sus inversiones en todo momento. Estrategias fiscales eficientes pueden mejorar significativamente los rendimientos netos.

Se debe tener presente la posibilidad de realizar inversiones de manera gradual en lugar de una sola vez. Esto ayudaría a mitigar el golpe ocasionado por la volatilidad en el corto plazo.

Los inversores deben estar dispuestos a ajustar su estrategia ante cambios económicos significativos. La capacidad de adaptación es crucial para el éxito a largo plazo.

## REFERENCIAS:

- Alonso, J. C., y Arcos, M. A. (2006). Cuatro hechos estilizados de las series de rendimientos: una ilustración para Colombia. *Estudios Gerenciales*, 22(100), 103-123.
- Arboleda, Y. M. C., Garcés, S. C. C., y Grisales, E. A. D. (2020). Modelo de Markowitz aplicado a un portafolio de inversión colombiano. *Mercatec*, 6(58), 59 – 73.
- Álvarez García, R. D., Ortega Oliveros, G. A., Sánchez Ospina, A. M., & Herrera Madrid, M. (2019). Evolución de la teoría económica de las finanzas: Una breve revisión. *Semestre Económico*, 22(47), 59-74. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1650/165013658004.pdf>
- Álvarez, J. (2021). Crisis financiera global del año 2009. En *Revista Tajamar*, 1(1), p. 3.
- Baker, S.R., Bloom, N., Davis, S.J., & Terry, S.J. (2020). The Impact of COVID-19 on Stock Markets: Evidence from Around the World. *The Review of Corporate Finance Studies*. DOI: 10.1093/rcfs/cfaa015
- Blake, P., & Wadhwa, D. (2024, March 16). *Resumen anual 2020: El impacto de la COVID-19 (coronavirus) en 12 gráficos*. <https://blogs.worldbank.org/es/voices/resumen-anual-2020-el-impacto-de-la-covid-19-coronavirus-en-12-graficos>.
- Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2014). *Investments*. McGraw-Hill Education.
- Bolsa de Valores de Colombia BVC. (2024, mayo 17). Los elementos más relevantes de los índices bursátiles. <https://www.bvc.com.co/indices-descripcion-general>
- Carrasco, M. (2020, April 21). Caída del precio del petróleo: las consecuencias para América Latina en medio de la crisis por el coronavirus. *Internacional | Noticias | El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/20/nota/7818714/precio-petroleo-coronavirus-consecuencias-ecuador-america-latina/>
- Clément Mba, J., Ababio, K. A., & Agyei, S. K. (2022). Markowitz Mean-Variance Portfolio Selection and Optimization under a Behavioral Spectacle: New Empirical Evidence. *International Journal of Financial Studies*, 10(2), 28. <https://doi.org/10.3390/ijfs10020028>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (1998). *Impacto de la crisis asiática en América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Constitución Política de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia: Artículos 333 y 334*. Recuperado de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion\\_politica\\_1991.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html)
- De Bondt., y Thaler, (1985). Does the stock market overreact?. *The Journal of finance*, 40(3), 793-805.

- Dubova, I. (2005). La validación y aplicabilidad de la teoría de portafolio en el caso colombiano. *Cuadernos de Administración*, 18(30).
- Enciso, S. (2005). *Creación de portafolios de inversión utilizando algoritmos evolutivos multiobjetivo*. (Trabajo de grado), Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional, México.
- Estrategias de Inversión. (s.f.). Modelo de Markowitz. Estrategias de Inversión. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.segurosyfinanzashoy.com/modelo-de-markowitz>
- Fernández, F., Martínez, L., Carbonero, M., y Montero, T. (2021). Mean squared variance portfolio: A mixed-integer linear programming formulation. *Mathematics*, 9(3), 223.
- Fernández, P., García, T., y Acín, J. F. (2023). Prima de Riesgo de Mercado y Tasa Libre de Riesgo. *Revista española de capital riesgo*, (2), 35-54.
- Gomero Gonzales, N. A. (2014). *Portafolios de activos financieros utilizando el modelo de Sharpe y Treynor*. Revista de la Facultad de Ciencias Contables, 22(41), 135-146. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú.
- Gonzales, N. A. G. (2014). Portafolios de activos financieros utilizando el modelo de Sharpe y Treynor. *Quipukamayoc*, 22(41), 135-146.
- Harms, H. S. (2003). La teoría de cartera y algunas consideraciones epistemológicas acerca de la teorización en las áreas económico-administrativas. *Contaduría y Administración*, (208), 37-52.
- Investing.com. (2024). Educación. <https://es.investing.com/education-providers/investing.com>
- Jacquier, E. (2013). Modern Portfolio Theory. En H. Kent Baker & G. Filbeck (Eds.), *Portfolio Theory and Management* (pp. 23-45). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199829699.003.0002>
- The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), pp. 77-91.
- Julius, D. J. (2019). Impacto de diversificación y la volatilidad en carteras de inversión: Bolsa de Valores de Lima. *Economía & Negocios: Revista de la Escuela Profesional de Ingeniería Comercial*, 1(1), 28-36.
- Leguizamón, Y., Mora, N., López, E., y Contreras, R. (2022). Aplicación del modelo varianza covarianza de diciembre de 2015 a diciembre 2020 para los mercados de México y Colombia: español (Colombia). *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 18(35).
- Logarithmic returns in pandas dataframe*. (n.d.). Stack Overflow. <https://stackoverflow.com/questions/31287552/logarithmic-returns-in-pandas-dataframe>

- López, C. (2003). Teoría de la Cartera Markowitz [PDF]. Recuperado de [https://marcelodelfino.net/files/Teora\\_de\\_la\\_Cartera.pdf](https://marcelodelfino.net/files/Teora_de_la_Cartera.pdf)
- J. C., Ababio, K. A., & Agyei, S. K. (2022). Markowitz Mean-Variance Portfolio Selection and Optimization under a Behavioral Spectacle: New Empirical Evidence. *International Journal Of Financial Studies*, 10(2), 28. <https://doi.org/10.3390/ijfs10020028>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Jour Finance*, 7(1), 77–91
- Martín Mato, M. Á. (2011). Mercado de capitales: una perspectiva global (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Cengage Learning Argentina.
- Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística descriptiva y muestreo* (13ª ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Martínez, L., Fernández, F., Montero, T., y Carbonero, M. (2023). COVID-19 impact on the Spanish stock exchange with mean-variance and diversification-based portfolios. *Applied Economics Letters*, 30(4), 416-422.
- Martinez, J. F., Cruz, S., y López, J. (2021). Portfolio optimization with Python. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 9(17), 132 – 135.
- Martínez Nieto, M. L. (2022). *Revisitando el modelo de Markowitz: modelos de optimización y aplicaciones*. (Trabajo de grado), Universidad Loyola Santamaría, España.
- Medina, L. Á. (2003). Aplicación de la teoría del portafolio en el mercado accionario colombiano. *Cuadernos de economía*, 22(39), 129-168.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2015). Colombia realiza exitosa emisión de bonos internacionales con plazo a 30 años por USD 1.000 millones [PDF]. [www.minhacienda.gov.co](http://www.minhacienda.gov.co)
- González, G. A. O. (2023). Comparación de los modelos de Black-Litterman, Markowitz y CAPM en la estimación de los rendimientos esperados en el mercado de renta variable en Colombia. *Revista Estrategia Organizacional*, 12(2), 29-53.
- Navarro Cegarra, J. J. (2018). *El CAPM, un Modelo de Valoración de Activos Financieros aplicado a las empresas del IBEX 35* (Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Cartagena, España). Dirigido por M. del C. Ramón Llorens. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/xmlui/handle/10317/7275>
- González, C. A. (2022). *Optimización de portafolios de inversión considerando momentos superiores a la varianza* (Trabajo de grado), Universidad de la Sabana, Colombia.

- Ossa González, G. A. (2023). Comparación de los modelos de Black-Litterman, Markowitz y CAPM en la estimación de los rendimientos esperados en el mercado de renta variable en Colombia. *Revista Estrategia Organizacional*, 12(2), 29-53. Recuperado de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/revista-estrategia-organizacio/article/view/7230>
- Pérez, J., & Gómez, M. (2021). Impacto de la pandemia de COVID-19 en la bolsa de valores de Colombia: una revisión de la literatura. *Revista de Economía y Finanzas*. [Incluir el número de volumen si está disponible], [Incluir el número de página inicial-final si está disponible]. DOI: [Insertar DOI si está disponible]
- Presidencia de la República de Colombia (2010). Por el cual se recogen y reexpiden las normas en materia del sector financiero, asegurador y del mercado de valores y se dictan otras disposiciones. [Decreto 255 de 2010], DO: N/A.
- Presidencia de la República de Colombia (2016). Por el cual se sustituye el Título 7 del Libro 9 de la Parte 2 del Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con la administración de portafolios de terceros. [Decreto 1247 de 2016], DO: 49.952.
- Presidencia de la República de Colombia (2021). Por el cual se modifica el Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con la metodología del cálculo de rentabilidad mínima obligatoria para el portafolio de cesantía de corto plazo y se dictan otras disposiciones. [Decreto 270 de 2021], DO: 51.613.
- Presidencia de la República de Colombia (2020). Por el cual se modifica el Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con el régimen de inversión de los fondos de pensiones obligatorias y cesantía, las entidades aseguradoras y sociedades de capitalización y se dictan otras disposiciones. [Decreto 1393 de 2020], DO: 51.479.
- Prynn, English, & Murphy (2020). *Black Monday: Fourth biggest City fall as coronavirus panic hits markets*. The Standard.
- Python.org*. (2024, May 8). Python.org. <https://www.python.org/>
- Ramos, H. S. (2022). *Incidencia del riesgo biológico SARS-COV-2 (COVID-19) en los rendimientos y volatilidad de las acciones del mercado de la bolsa de valores de Colombia (BVC) en los años 2020-2022* (Trabajo de grado). Universidad de Nariño, Colombia.
- Sarmiento Lotero, R., & Vélez Molano, J. R. (2008). *Capital Asset Pricing Model - Robert Merton: Teoría y evidencia empírica para Colombia 2001-2007*. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, 4(6), Enero-Junio, 2008. Recuperado de [file:///C:/Users/User/Downloads/mhgonzalez,+Journal+manager,+capital\\_asset\\_pricing\\_model\\_robert\\_merton.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/mhgonzalez,+Journal+manager,+capital_asset_pricing_model_robert_merton.pdf)

- Sastoque Rubio, J. I., y Restrepo Sierra, L. H. (2019). Estimación del costo de capital medio ponderado para el sector ganadero aplicando simulación montecarlo: caso Colombia. *Aglala*, 10(1), 157-179.
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual fund performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119-138.
- Sierra, O. M. (2012). *Índices bursátiles como estrategia de cobertura de riesgo en portafolios de renta variable en Colombia* (Trabajo de Postgrado), Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Soto, L. M. (2018). *Estudio de los crashes bursátiles bajo el análisis de la geometría fractal*. (Trabajo de grado), Universidad de la Salle, Colombia
- Sturges, H. A. (1926). The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*, 21(153), 65-66.
- Súper Intendencia Financiera de Colombia [SUPERFINANCIERA] (2021). Capítulo XXXI Sistema Integral de Administración de Riesgos.
- Tapia, G. (2020). *Factores y nivel de inversión: la Q de Tobin*. Recuperado de [https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/fe/material\\_de\\_estudio/material/Factores%20y%20nivel%20de%20inversion%20la%20Q%20de%20Tobin.pdf](https://economicas.unsa.edu.ar/afinan/fe/material_de_estudio/material/Factores%20y%20nivel%20de%20inversion%20la%20Q%20de%20Tobin.pdf)
- Treynor, J. L. (1965). How to rate management of investment funds. *Harvard Business Review*, 43(1), 63-75.
- Vergara, J., y Cervantes, M. (2012). *Portafolios de inversión: una alternativa para el aprovechamiento de los recursos remanentes de tesorería* (Trabajo de grado). Universidad del Rosario, Colombia.

## Anexos

### Apéndice 1

#### *Eliminación de columnas y cálculo de rendimientos diarios.*

Aquí se eliminan las columnas "FECHA" del DataFrame df y se calculan los rendimientos diarios usando logaritmos naturales.

```
# Eliminar las columnas "FECHA" del DataFrame df
dfprecovid = df.drop(columns=['FECHA'])
# Verificar el nuevo DataFrame dfprecovid
print(dfprecovid.head())

import numpy as np
# Calcular el rendimiento diario utilizando logaritmos naturales para el DataFrame
dfprecovid_rendimientos = pd.DataFrame()
for col in dfprecovid.columns:
    dfprecovid_rendimientos[col] = np.log(df[col] / df[col].shift(1))
# Eliminar la primera fila que contendrá NaN
dfprecovid_rendimientos = dfprecovid_rendimientos.dropna()
# Mostrar las primeras filas del nuevo DataFrame
print(dfprecovid_rendimientos.head())
```

## Apéndice 2

### *Cálculo del rendimiento anualizado y la desviación estándar anualizada*

Se calcula el rendimiento anualizado multiplicando la media diaria por 252 (días de negociación en un año) y la desviación estándar anualizada ajustando la desviación diaria.

```
# Calcular el rendimiento anualizado utilizando los rendimientos diarios
rendimiento_anualizado = dfprecovid_rendimientos.mean() * 252
# Mostrar los rendimientos anualizados
print(rendimiento_anualizado)

# Calcular la desviación estándar de cada columna de rendimientos diarios
desviacion_estandar = dfprecovid_rendimientos.std()
# Ajustar la desviación estándar para un año completo (252 días)
desviacion_anualizada = desviacion_estandar * (252 ** 0.5)
# Mostrar la desviación estándar anualizada de cada columna
print(desviacion_anualizada)
```

## Apéndice 3

### *Cálculo del coeficiente de variación.*

Se calcula el coeficiente de variación dividiendo la desviación estándar anualizada por el rendimiento anualizado.

```
# Calcular el coeficiente de variación para cada acción
coeficiente_variacion = desviacion_anualizada / rendimiento_anualizado
# Mostrar el coeficiente de variación para cada acción
print(coeficiente_variacion)
```

## Apéndice 4

### *Cálculo de Beta (pendiente) y Alfa (intersección) mediante regresión lineal*

Se utiliza la función `linregress` de `scipy.stats` para calcular la pendiente (Beta) y la intersección (Alfa) de la regresión lineal entre cada acción y el índice COLCAP.

```
from scipy.stats import linregress
# Calcular la pendiente para cada columna
pendientes = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    slope, intercept, r_value, p_value, std_err = linregress(dfprecovid_rendimiento
    pendientes[columna] = slope
# Mostrar las pendientes de cada columna
for columna, pendiente in pendientes.items():
    print(f"BETA {columna}: {pendiente}")

# Calcular la pendiente y la intersección para cada columna
resultados_regresion = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    slope, intercept, r_value, p_value, std_err = linregress(dfprecovid_rendimiento
    resultados_regresion[columna] = intercept
# Mostrar las intersecciones de cada columna
for columna, interseccion in resultados_regresion.items():
    print(f"ALFA {columna}: {interseccion}")
```

## Apéndice 5

### Cálculo del riesgo sistemático y no sistemático.

Se calcula el riesgo sistemático usando Beta y la desviación estándar anualizada. El riesgo no sistemático es la diferencia entre 100% y el riesgo sistemático.

```
# Calcular el riesgo sistemático para cada acción
resultados_riesgo_sistemático = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    if columna != 'COLCAP':
        beta = pendientes[columna] # Utilizamos las pendientes calculadas previamente
        desviacion = dfprecovid_rendimientos[columna].std() * np.sqrt(252) # Calculamos la desviación estándar anualizada
        # Calcular riesgo sistemático (en porcentaje)
        riesgo_sistemático = (beta ** 2) * (desviacion ** 2) * 100
        resultados_riesgo_sistemático[columna] = riesgo_sistemático
# Riesgo sistemático para COLCAP es 100%
resultados_riesgo_sistemático['COLCAP'] = 100.0
# Mostrar los resultados de riesgo sistemático para cada acción
for columna, riesgo_sistemático in resultados_riesgo_sistemático.items():
    print(f"Riesgo sistemático para {columna}: {riesgo_sistemático:.2f}%")

# Calcular el riesgo no sistemático para cada acción
resultados_riesgo_no_sistemático = {}
for columna, riesgo_sistemático in resultados_riesgo_sistemático.items():
    riesgo_no_sistemático = 100 - riesgo_sistemático
    resultados_riesgo_no_sistemático[columna] = riesgo_no_sistemático
# Mostrar los resultados de riesgo no sistemático para cada acción
for columna, riesgo_no_sistemático in resultados_riesgo_no_sistemático.items():
    print(f"Riesgo no sistemático para {columna}: {riesgo_no_sistemático:.2f}%")
```

## Apéndice 6

### Cálculo de índices de Sharpe y Treynor.

Se calculan los índices de Sharpe y Treynor. El índice de Sharpe ajusta el rendimiento anualizado con la tasa libre de riesgo y la desviación anualizada. El índice de Treynor ajusta con Beta.

```
import numpy as np
# Tasa libre de riesgo (supongamos que es 4,64%)
tasa_libre_riesgo = 0.0464
# Calcular el rendimiento anualizado para cada acción
rendimientos_anualizados = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    rendimiento_anualizado = dfprecovid_rendimientos[columna].mean() * 252
    rendimientos_anualizados[columna] = rendimiento_anualizado
# Calcular la desviación estándar anualizada para cada acción
desviaciones_estandar_anualizadas = dfprecovid_rendimientos.std() * np.sqrt(252)
# Calcular el índice de Sharpe y el índice de Treynor para cada acción
indices_sharpe = {}
indices_treynor = {}
for columna in dfprecovid_rendimientos.columns:
    rendimiento_anualizado = rendimientos_anualizados[columna]
    desviacion_anualizada = desviaciones_estandar_anualizadas[columna]
    beta = pendientes[columna]
    # Índice de Sharpe
    sharpe = (rendimiento_anualizado - tasa_libre_riesgo) / desviacion_anualizada
    # Índice de Treynor
    treynor = (rendimiento_anualizado - tasa_libre_riesgo) / beta
    indices_sharpe[columna] = sharpe
    indices_treynor[columna] = treynor
# Mostrar los resultados de los índices de Sharpe y Treynor para cada acción en tr
print("Acción | Índice de Sharpe | Índice de Treynor")
print("-" * 55)
for columna, sharpe in indices_sharpe.items():
    treynor = indices_treynor[columna]
    print(f"{columna:<11} | {sharpe:>18.4f} | {treynor:>16.4f}")
```

## Apéndice 7

### Visualización y análisis del portafolio.

Se crean DataFrames para los índices de Sharpe y Treynor, se filtran las acciones con índices positivos y se seleccionan acciones específicas para el análisis del portafolio.

```
import pandas as pd
# Crear un diccionario con los datos de los índices de Sharpe y Treynor
datos = {
    'Sharpe': indices_sharpe,
    'Treynor': indices_treynor
}
# Convertir el diccionario en un DataFrame
df_indices = pd.DataFrame(datos)
# Filtrar las acciones con Sharpe y Treynor positivos
acciones_positivas = df_indices[(df_indices['Sharpe'] > 0) & (df_indices['Treynor'] > 0)]
# Mostrar el DataFrame resultante
print(acciones_positivas)

acciones_interes = ['PROMIGAS', 'CORFICOLMBIANA', 'ISA', 'CELSIA', 'MINEROS', 'GRUPO']
Portafolio_df = dfprecovid_rendimientos[acciones_interes]
print(Portafolio_df)
```

## Apéndice 8

### Matrices de correlación y covarianza

Se calculan y visualizan las matrices de correlación y covarianza del portafolio utilizando seaborn y matplotlib.

```
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
# Calcular la matriz de correlación
matriz_correlacion = Portafolio_df.corr()
# Visualizar la matriz de correlación como gráfico (mapa de calor)
plt.figure(figsize=(10, 8))
sns.heatmap(matriz_correlacion, annot=True, cmap='coolwarm', fmt=".4f", linewidths=1)
plt.title("Matriz de Correlación del Portafolio")
plt.show()

# Calcular la matriz de covarianza
matriz_covarianza = Portafolio_df.cov()
print(matriz_covarianza)
```

## Apéndice 9

### Cálculo de la frontera eficiente y optimización del portafolio

Vamos a calcular la frontera eficiente y optimizar el portafolio utilizando la librería `cvxopt`. Este paso implica encontrar las ponderaciones óptimas para las acciones del portafolio que maximicen el rendimiento y minimicen el riesgo. En este código, se utiliza `cvxopt` para resolver el problema de optimización cuadrática y encontrar las ponderaciones óptimas del portafolio.

```
import numpy as np
from cvxopt import matrix, solvers

# Datos de rendimientos esperados y matriz de covarianza
rendimientos_esperados = np.array(rendimiento_anualizado[acciones_interes])
matriz_covarianza = np.array(Portafolio_df.cov())

# Convertir a matrices de cvxopt
P = matrix(matriz_covarianza)
q = matrix(np.zeros((len(rendimientos_esperados), 1)))
G = matrix(-np.eye(len(rendimientos_esperados)))
h = matrix(np.zeros((len(rendimientos_esperados), 1)))
A = matrix(np.ones((1, len(rendimientos_esperados))))
b = matrix(np.ones(1))

# Resolver el problema de optimización cuadrática
sol = solvers.qp(P, q, G, h, A, b)
ponderaciones = np.array(sol['x'])

# Mostrar las ponderaciones óptimas del portafolio
for i, accion in enumerate(acciones_interes):
    print(f"Ponderación óptima para {accion}: {ponderaciones[i]:.4f}")
```

## Apéndice 10

### Simulación de Monte Carlo

Podemos realizar una simulación de Monte Carlo para visualizar diferentes combinaciones de riesgo y retorno, y así comparar con la frontera eficiente.

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Número de simulaciones
num_simulaciones = 10000
rendimientos_simulados = []
riesgos_simulados = []

# Simulación
for _ in range(num_simulaciones):
    # Generar pesos aleatorios
    pesos = np.random.random(len(acciones_interes))
    pesos /= np.sum(pesos)

    # Calcular rendimiento y riesgo del portafolio
    rendimiento = np.dot(wpesos, rendimientos_esperados)
    riesgo = np.sqrt(np.dot(wpesos.T, np.dot(matriz_covarianza, wpesos)))

    # Guardar los resultados
    rendimientos_simulados.append(rendimiento)
    riesgos_simulados.append(riesgo)

# Convertir a arrays para facilidad de manejo
rendimientos_simulados = np.array(rendimientos_simulados)
riesgos_simulados = np.array(riesgos_simulados)

# Graficar los resultados
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(riesgos_simulados, rendimientos_simulados, c=rendimientos_simulados/riesgos_simulados)
plt.xlabel('Riesgo (Desviación Estándar)')
plt.ylabel('Retorno Esperado')
plt.title('Simulación de Monte Carlo - Combinaciones de Riesgo y Retorno')
plt.colorbar(label='Ratio Sharpe')
plt.show()
```

## Apéndice 11

### Visualización de la frontera eficiente

Este código genera y visualiza la frontera eficiente junto con los resultados de la simulación de Monte Carlo, proporcionando una visión clara de las combinaciones óptimas de riesgo y retorno para el portafolio.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Funciones para calcular el rendimiento y el riesgo del portafolio
def rendimiento_portafolio(pesos, rendimientos):
    return np.dot(pesos, rendimientos)

def riesgo_portafolio(pesos, covarianza):
    return np.sqrt(np.dot(pesos.T, np.dot(covarianza, pesos)))

# Generar la frontera eficiente
rendimientos_frontera = np.linspace(min(rendimientos_simulados), max(rendimientos_
riesgos_frontera = []

for r in rendimientos_frontera:
    def objetivo(pesos):
        return riesgo_portafolio(pesos, matriz_covarianza)

    def restriccion(pesos):
        return rendimiento_portafolio(pesos, rendimientos_esperados) - r

# Restricciones: suma de pesos igual a 1 y no permitir pesos negativos
restricciones = ({'type': 'eq', 'fun': lambda x: np.sum(x) - 1},
                 {'type': 'eq', 'fun': restriccion})

# Pesos iniciales
pesos_iniciales = np.ones(len(acciones_interes)) / len(acciones_interes)

# Solución del problema de optimización
resultado = minimize(objetivo, pesos_iniciales, constraints=restricciones)
riesgos_frontera.append(resultado.fun)

# Graficar la frontera eficiente junto con la simulación de Monte Carlo
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(riesgos_simulados, rendimientos_simulados, c=rendimientos_simulados/ri
plt.plot(riesgos_frontera, rendimientos_frontera, 'r--', linewidth=2)
plt.xlabel('Riesgo (Desviación Estándar)')
plt.ylabel('Retorno Esperado')
plt.title('Frontera Eficiente y Simulación de Monte Carlo')
plt.colorbar(label='Ratio Sharpe')
plt.show()
```

## Apéndice 12

### Cálculo de la Línea de Capital del Mercado (CML)

Este código genera y visualiza la frontera eficiente junto con los resultados de la simulación de Monte Carlo, proporcionando una visión clara de las combinaciones óptimas de riesgo y retorno para el portafolio.

```
# Definir el rendimiento del activo libre de riesgo (por ejemplo, el bono del Tesoro)
rendimiento_libre_de_riesgo = 0.03 # 3% anual

# Función para calcular el ratio Sharpe
def sharpe_ratio(pesos, rendimientos, covarianza, rf):
    rendimiento_portafolio = np.dot(pesos, rendimientos)
    riesgo_portafolio = np.sqrt(np.dot(pesos.T, np.dot(covarianza, pesos)))
    return (rendimiento_portafolio - rf) / riesgo_portafolio

# Encontrar el portafolio de mercado eficiente
def max_sharpe_ratio(rendimientos, covarianza, rf):
    num_activos = len(rendimientos)
    restricciones = ({'type': 'eq', 'fun': lambda x: np.sum(x) - 1})
    pesos_iniciales = np.ones(num_activos) / num_activos
    resultado = minimize(lambda x: -sharpe_ratio(x, rendimientos, covarianza, rf),
                        pesos_iniciales, constraints=restricciones)
    return resultado.x

# Calcular los pesos del portafolio de mercado eficiente
pesos_mercado = max_sharpe_ratio(rendimientos_esperados, matriz_covarianza, rendimiento_libre_de_riesgo)
rendimiento_mercado = np.dot(pesos_mercado, rendimientos_esperados)
riesgo_mercado = np.sqrt(np.dot(pesos_mercado.T, np.dot(matriz_covarianza, pesos_mercado)))

# Calcular la Línea de Capital del Mercado (CML)
def cml(riesgo, rf, rm, sigma_m):
    return rf + (riesgo / sigma_m) * (rm - rf)

# Generar valores para el riesgo (sigma) de la CML
riesgo_cml = np.linspace(0, max(riesgos_simulados), 100)
rendimiento_cml = cml(riesgo_cml, rendimiento_libre_de_riesgo, rendimiento_mercado, riesgo_mercado)

# Graficar la frontera eficiente, la simulación de Monte Carlo y la CML
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(riesgos_simulados, rendimientos_simulados, c=rendimientos_simulados/riesgos_simulados)
plt.plot(riesgos_frontera, rendimientos_frontera, 'r--', linewidth=2, label='Frontera Eficiente')
plt.plot(riesgo_cml, rendimiento_cml, 'g-', linewidth=2, label='Línea de Capital del Mercado')
plt.xlabel('Riesgo (Desviación Estándar)')
plt.ylabel('Retorno Esperado')
plt.title('Frontera Eficiente, Simulación de Monte Carlo y Línea de Capital del Mercado')
plt.colorbar(label='Ratio Sharpe')
plt.legend()
plt.show()
```

## Apéndice 23

### Registro en CvLac Asesor

Datos generales
Participación en grupos de investigación
Actividades de formación
Actividades como evaluador
Procesos de Apropiación Social del Conocimiento (PASC)
Divulgación pública de la ciencia (DP)
Productos de Investigación + Creación
Producción bibliográfica
Producción técnica y tecnológica
Demás trabajos
Proyectos
Reconocimientos
Imprimir currículo
Verificador de tipología
Verificador de información
Resultado análisis de convocatoria
Solicitud de aclaración
Manual de usuario
Salir

Luis Hernando Restrepo



#### Trabajos dirigidos/Tutorías

A continuación puede visualizar la información registrada del trabajo/tutoría dirigida. Para volver al listado de los trabajos/tutorías dirigidas pulse el enlace "[Regresar](#)"

**Tipo de producto** Trabajos de grado de pregrado

**Nombre del trabajo dirigido/tutoría(\*)**

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2021

Fecha de inicio		Fecha de fin	
Mes	Año	Mes	Año
Marzo	2022	Junio	2024

**Número de Páginas** 181

**Programa académico**

ECONOMÍA

**Institución**

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

**Tipo de orientación**

Tutor/director principal

**Estado de la Tesis**

Tesis terminada

**PERSONAS (ORIENTADO, TUTOR, COTUTOR, ASESOR) [[Registrar personas](#)]**

- Luis Hernando Restrepo Sierra
- GENUIS ALBERTO OSSA GONZALEZ
- John Carlos Guerra Cordero
- LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNANDEZ

**PALABRAS CLAVE [[Registrar palabra\(s\) clave](#)]**

- Volatilidad
- Rendimiento
- Bursatilidad
- Índice de Treynor
- Índice de Sharpe

**ÁREAS DE CONOCIMIENTO [[Registrar gran área, área y disciplina](#)]**

**RECONOCIMIENTOS [[Registrar reconocimiento\(s\)](#)]**



[Coautores](#)



[Palabras clave](#)





[Áreas de conocimiento](#)



[Reconocimientos](#)

## Apéndice 14

### Registro en CvLac Coasesor

Datos generales	GENJIS ALBERTO OSSA			
Participación en grupos de investigación	<b>Trabajos dirigidos/Tutorías</b>			
Actividades de formación	A continuación puede visualizar la información registrada del trabajo/tutoría dirigida. Para volver al listado de los trabajos/tutorías dirigidas pulse el enlace " <a href="#">Regresar</a> "			
Actividades como evaluador	<div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 10px;"> <div> <a href="#">Coautores</a></div> <div> <a href="#">Palabras clave</a></div> <div> <a href="#">Áreas de conocimiento</a></div> <div> <a href="#">Reconocimientos</a></div> </div>			
Procesos de Apropiación Social del Conocimiento (PASC)	<b>Tipo de producto</b> Trabajos de grado de pregrado			
Divulgación pública de la ciencia (DP)	<b>Nombre del trabajo dirigido/tutoría(*)</b> ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL CONVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2021			
Productos de Investigación + Creación	<b>Fecha de inicio</b>		<b>Fecha de fin</b>	
Producción bibliográfica	<b>Mes</b>	<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Año</b>
Producción técnica y tecnológica	Diciembre	2022	Junio	2024
Demás trabajos	<b>Número de Páginas</b>		0	
Proyectos	<b>Programa académico</b> Economía			
Reconocimientos	<b>Institución</b>		UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR- SECCIONAL AGUACHICA	
Imprimir currículo	<b>Tipo de orientación</b>		Cotutor/codirector	
Verificador de tipología	<b>Estado de la Tesis</b>		Tesis terminada	
Verificador de información	<b>PERSONAS (ORIENTADO, TUTOR, COTUTOR, ASESOR) [ <a href="#">Registrar personas</a> ]</b>			
Resultado análisis de convocatoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• John Carlos Guerra Cordero</li> <li>• LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNÁNDEZ</li> <li>• GENJIS ALBERTO OSSA GONZÁLEZ</li> <li>• Luis Hernando Rostrope Sierra</li> </ul>			
Solicitud de aclaración	<b>PALABRAS CLAVE [ <a href="#">Registrar palabra(s) clave</a> ]</b>			
Manual de usuario	<b>ÁREAS DE CONOCIMIENTO [ <a href="#">Registrar gran área, área y disciplina</a> ]</b>			
Salir	<b>RECONOCIMIENTOS [ <a href="#">Registrar reconocimiento(s)</a> ]</b>			




## Apéndice 15

## Registro en CvLac Estudiante 1

Datos generales	<b>John Carlos Guerra</b>	
Participación en grupos de investigación	<b>Formación académica</b>	
Actividades de formación	A continuación puede visualizar la información registrada. Para volver al listado de formación académica pulse el enlace <a href="#">"Regresar"</a>	
Actividades como evaluador	<b>Formación, Perfeccionamiento o Posgrado</b>	<b>Institución (*)</b>
Procesos de Apropiación Social del Conocimiento (PASC)	Pregrado/Universitario	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
Divulgación pública de la ciencia (DP)	<b>Municipio</b> AGUACHICA	<b>Programa Académico</b> ECONOMIA
Productos de Investigación + Creación	<b>Título obtenido</b> Economista	<b>Intensidad horaria (semanal)</b> 20
Producción bibliográfica	<b>Fecha de inicio</b> Febrero de 2017	<b>Fecha de graduación</b> Septiembre de 2024
Producción técnica y tecnológica	<b>Promedio de notas</b> 4.0	<b>Valoración de la tesis</b> Aprobada
Demás trabajos	<b>Título de la tesis</b> ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL CONVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023	<b>Acta de grado</b> Nº
Proyectos	<b>Nombre Completo del tutor</b>	<b>Tarjeta Profesional Nº</b>
Reconocimientos	<b>¿Becado?</b> No	
Imprimir currículo	<b>PERSONAS VINCULADAS (TUTOR, COTUTOR, ASESOR) [ <a href="#">Gestionar</a> ]</b>	
Verificador de tipología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GENJIS ALBERTO OSSA GONZALEZ</li> <li>• Luis Hernando Restrepo Sierra</li> </ul>	
Verificador de información	<b>PALABRAS CLAVE [ <a href="#">Registrar palabra(s) clave</a> ]</b>	
Resultado análisis de convocatoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volatilidad</li> <li>• Rendimiento</li> <li>• Bursatilidad</li> <li>• Covid-19</li> <li>• Índice de Treynor</li> <li>• Índice de Sharpe</li> </ul>	
Solicitud de aclaración	<b>ÁREAS DE CONOCIMIENTO [ <a href="#">Registrar gran área, área y disciplina</a> ]</b>	
Manual de usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economía</li> </ul>	
Salir	<b>SECTORES DE APLICACIÓN [ <a href="#">Registrar sector de aplicación</a> ]</b>	

## Apéndice 16

### Registro en CvLac Proyecto Estudiante 1

Datos generales	<b>John Carlos Guerra</b>	
Participación en grupos de investigación		
Actividades de formación	<b>Proyecto</b>	 <a href="#">Integrantes</a>
Actividades como evaluador		 <a href="#">Instituciones</a>
Procesos de Apropiación Social del Conocimiento (PASC)		 <a href="#">Producción CTeI</a>
Divulgación pública de la ciencia (DP)		
Productos de Investigación + Creación		
Producción bibliográfica		
Producción técnica y tecnológica		
Demás trabajos		
Proyectos		
Reconocimientos		
Imprimir currículo		
Verificador de tipología		
Verificador de información		
Resultado análisis de convocatoria		
Solicitud de aclaración		
Manual de usuario		
Salir		

**Tipo de proyecto**  
Investigación y desarrollo

**Título del proyecto**  
ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023

Fecha de inicio	Fecha de fin	Código del proyecto	SIGP/Código entidad financiadora
Marzo 2023	Junio 2024	NA	

**El proyecto es:** Solidario

**Resumen**  
El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del mercado accionario colombiano, específicamente la cartera del índice COLCAP y cómo este ha sido influenciado por los efectos del COVID-19 en la economía. Para esto, se utilizó una metodología cuantitativa en la que se aplicó el modelo de media varianza de Markowitz para la selección de portafolios eficientes y se evaluó el desempeño de los activos antes, durante y después de la pandemia. Para aplicar la modelación de la teoría de portafolios se utilizó el lenguaje de programación de Python con el fin de obtener métricas precisas en cada simulación. El propósito de aplicar la teoría de portafolios en este estudio, era identificar posibles cambios en variables como la rentabilidad y el riesgo de los portafolios, así como en el desempeño de los mismos a través del índice de Sharpe. A partir de los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el Covid 19 tuvo un impacto negativo sobre el mercado accionario colombiano aumentando la volatilidad del mercado, la bursatilidad de los activos y afectando la rentabilidad de las carteras.

**Para actualizar la información de un proyecto tenga en cuenta:**

1. Usted debe ser el investigador principal
2. Es necesario incluir la información de financiación, si aplica. Para esto si en la información del proyecto dice que es un proyecto solidario, por favor desvincule la institución que tenga registrada, de este modo el sistema le permitirá ingresar toda la información que Minciencias solicita para los proyectos.
3. Si la financiación es interna sólo debe ingresar una institución participante.

Integrantes del proyecto	
Integrante	Tipo de participación
John Carlos Guerra Cordero	Estudiante de pregrado <a href="#">Editar</a>


Instituciones vinculadas al proyecto <a href="#">[Vincular institución]</a>	
Institución financiadora	Tipo de participación
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR	Ejecutora

Producción CTeI resultado del proyecto o programa <a href="#">[Vincular producción]</a>	
No ha vinculado producción CTeI resultado del proyecto.	

[Regresar](#)

## Apéndice 17

## Registro en CvLac Estudiante 2

Datos generales	<b>LUIS MIGUEL GOMEZ</b>		
Participación en grupos de investigación	<b>Formación académica</b>		
Actividades de formación	A continuación puede visualizar la información registrada. Para volver al listado de formación académica pulse el enlace <a href="#">"Regresar"</a>		
Actividades como evaluador	<b>Formación, Perfeccionamiento o Posgrado</b>	<b>Institución (*)</b>	
Procesos de Apropiación Social del Conocimiento (PASC)	Pregrado/Universitario	UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR	
Divulgación pública de la ciencia (DP)	<b>Municipio</b>	<b>Programa Académico</b>	
Productos de Investigación + Creación	AGUACHICA	ECONOMIA	
Producción bibliográfica	<b>Título obtenido</b>	<b>Intensidad horaria (semanal)</b>	
Producción técnica y tecnológica	economista	20	
Demás trabajos	<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha de graduación</b>	
Proyectos	Febrero de 2017	Septiembre de 2024	
Reconocimientos	<b>Promedio de notas</b>	<b>Valoración de la tesis</b>	
Imprimir currículo	3.9	Aprobada	
Verificador de tipología	<b>Título de la tesis</b>	<b>Acta de grado</b>	<b>Tarjeta Profesional N°</b>
Verificador de información	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023	N°	
Resultado análisis de convocatoria	<b>Nombre Completo del tutor</b>		
Solicitud de aclaración	¿Becado?		
Manual de usuario	No		
Salir	<b>PERSONAS VINCULADAS (TUTOR, COTUTOR, ASESOR) [ <a href="#">Gestionar</a> ]</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luis Hernando Restrepo Sierra</li> <li>GENJIS ALBERTO OSSA GONZALEZ</li> </ul>		
	<b>PALABRAS CLAVE [ <a href="#">Registrar palabra(s) clave</a> ]</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>volatilidad</li> <li>rendimiento</li> <li>bursatilidad</li> <li>covid-19</li> <li>índice de treynor</li> <li>índice de sharpe</li> </ul>		
	<b>ÁREAS DE CONOCIMIENTO [ <a href="#">Registrar gran área, área y disciplina</a> ]</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Economía</li> </ul>		
	<b>SECTORES DE APLICACIÓN [ <a href="#">Registrar sector de aplicación</a> ]</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otro</li> </ul>		

## Apéndice 18

### Registro en CvLac Proyecto Estudiante 2

Datos generales	<b>LUIS MIGUEL GOMEZ</b>	
Participación en grupos de Investigación		
Actividades de formación		
Actividades como evaluador		
Proceso de Apropiación Social del Conocimiento (PASC)		
Divulgación pública de la ciencia (DP)		
Productos de Investigación + Creación		
Producción bibliográfica		
Producción técnica y tecnológica		
Otros trabajos		
Proyectos		
Reconocimientos		
Imprimir currículo		
Verificador de tipología		
Verificador de información		
Resultado análisis de convocatoria		
Solicitud de aclaración		
Manual de usuario		
Salir		

<b>Proyecto</b>		
<b>Tipo de proyecto</b>	Investigación y desarrollo	
<b>Título del proyecto</b>	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023	
<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha de fin</b>	<b>Código del proyecto SIGP/Código entidad financiadora</b>
Marzo 2023	Junio 2024	NA
<b>El proyecto es:</b> Solidario		
<b>Resumen</b>		
<p>El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del mercado accionario colombiano, específicamente la cartera del índice COLCAP y cómo este ha sido influenciado por los efectos del COVID-19 en la economía. Para esto, se utilizó una metodología cuantitativa en la que se aplicó el modelo de media varianza de Markowitz para la selección de portafolios eficientes y se evaluó el desempeño de los activos antes, durante y después de la pandemia. Para aplicar la modelación de la teoría de portafolios se utilizó el lenguaje de programación de Python con el fin de obtener métricas precisas en cada simulación. El propósito de aplicar la teoría de portafolios en este estudio, era identificar posibles cambios en variables como la rentabilidad y el riesgo de los portafolios, así como en el desempeño de los mismos a través del índice de Sharpe. A partir de los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el Covid 19 tuvo un impacto negativo sobre el mercado accionario colombiano aumentando la volatilidad del mercado, la bursatilidad de los activos y afectando la rentabilidad de las carteras.</p>		
<b>Para actualizar la información de un proyecto tenga en cuenta:</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usted debe ser el investigador principal</li> <li>2. Es necesario incluir la información de financiación, si aplica. Para esto si en la información del proyecto dice que es un proyecto solidario, por favor desvincule la institución que tenga registrada, de este modo el sistema le permitirá ingresar toda la información que Minciencias solicita para los proyectos.</li> <li>3. Si la financiación es interna sólo debe ingresar una institución participante.</li> </ol>		
<b>Integrantes del proyecto</b>		
<b>Integrante</b>	<b>Tipo de participación</b>	
LUIS MIGUEL GOMEZ HERNANDEZ	Estudiante de pregrado	<a href="#">Editar</a>
<b>Instituciones vinculadas al proyecto</b> <a href="#">[Vincular institución]</a>		
<b>Institución financiadora</b>	<b>Tipo de participación</b>	
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR	Ejecutora	
<b>Producción CTel resultado del proyecto o programa</b> <a href="#">[Vincular producción]</a>		
No ha vinculado producción CTel resultado del proyecto.		

[Regresar](#)

Apéndice 19

Carta de cesión de derechos de autor

**ENTREGA DE TRABAJO DE GRADO Y AUTORIZACIÓN DE SU USO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

Yo **JOHN CARLOS GUERRA CORDERO**, identificado (a) con Cédula de Ciudadanía No. 91.513.402 expedida en Bucaramanga- Santander y **LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNÁNDEZ**, identificado (a) con Cédula de Ciudadanía No. 1.032.372.397 expedida en Bogotá D.C actuando en nombre propio, en calidad de autores del trabajo de grado en modalidad Monografía titulada(o): **ANALIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 EN EL MERCADO ACCIONARIO DE COLOMBIA ENTRE 2015 Y 2023**. Hacemos entrega formal del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso en formato físico y digital o electrónico (CD) y autorizamos a la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública y distribución (alquiler, préstamo público) que nos corresponden como creadores de la obra objeto del presente documento. PARAGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también como formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso de red, internet, extranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

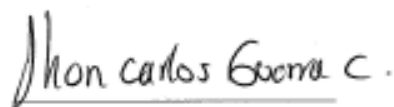
Los autores **JOHN CARLOS GUERRA CORDERO** y **LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNÁNDEZ**, manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad de la misma. PARAGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, Los autores, asumirán toda la responsabilidad, y saldrán en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (2) ejemplares del mismo valor y tenor, en Aguachica, a los 26 días del mes de Junio de Dos mil Veinticuatro (2024).

EL AUTOR/ESTUDIANTE1

EL AUTOR/ESTUDIANTE2

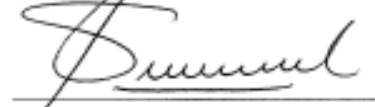
Firma,



JOHN CARLOS GUERRA CORDERO

C.C 91.513.402

Firma,



LUIS MIGUEL GÓMEZ HERNÁNDEZ

C.C 1.032.372.397

Apéndice 20 Informe de Turnitin.

DOCUMENTO FINAL JHON GUERRA Y LUIS MIGUEL.docx			
ORIGINALITY REPORT			
<b>22%</b>	<b>22%</b>	<b>6%</b>	<b>%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet Source		<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>cia.uagraria.edu.ec</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>www.coursehero.com</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>internet.cnmv.es</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.estrategiasdeinversion.com</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>revistas.unisucre.edu.co</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repository.cesa.edu.co</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repository.unipiloto.edu.co</b> Internet Source		<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>www.rankia.co</b> Internet Source		<b>1%</b>