



**Colegio de Estudios  
Superiores de Administración**

APLICACIÓN DE SHARPE Y OMEGA RATIO PARA LA SELECCIÓN DE ACTIVOS  
EN EL MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO

Erik Daniel Nova Murcia

Maestría en Finanzas Corporativas

Colegio de Estudios Superiores de Administración - CESA

Bogotá

2020

APLICACIÓN DE SHARPE Y OMEGA RATIO PARA LA SELECCIÓN DE ACTIVOS  
EN EL MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO

Erik Daniel Nova Murcia

Directora de tesis:

Esperanza Hernández Avendaño

Maestría en Finanzas Corporativas

Colegio de Estudios superiores de administración - CESA

Bogotá

2020

## Tabla de Contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>9</b>
<b>Formulación.....</b>	<b>18</b>
<b>Pregunta de investigación.....</b>	<b>18</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivo general.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>Estado del Arte .....</b>	<b>21</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>27</b>
<b>Marco referencial.....</b>	<b>27</b>
<b>Teoría moderna de Portafolios.....</b>	<b>28</b>
<b>Teoría de selección de portafolios de Markowitz .....</b>	<b>28</b>
<b>Teoría de selección de portafolios de Black-Litterman .....</b>	<b>31</b>
<b>Indicador de optimización - Sharpe.....</b>	<b>35</b>
<b>Indicador de optimización - Índice Treynor.....</b>	<b>35</b>
<b>Indicador de optimización - Índice Alfa de Jensen.....</b>	<b>36</b>
<b>Indicador de optimización - Information Ratio.....</b>	<b>37</b>
<b>Indicador de optimización - Sortino.....</b>	<b>37</b>
<b>Indicador de optimización - Omega.....</b>	<b>39</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>40</b>

**Conclusiones .....50**

**Referencias .....50**

**Anexos.....53**

## Tabla de Ilustraciones

<b>Ilustración 1</b> .....	14
<b>Ilustración 2</b> .....	15
<b>Ilustración 3</b> .....	17
<b>Ilustración 4</b> .....	41
<b>Ilustración 5</b> .....	46
<b>Ilustración 6</b> .....	48
<b>Ilustración 7</b> .....	49
<b>Ilustración 8</b> .....	59

# APLICACIÓN DE SHARPE Y OMEGA RATIO PARA LA SELECCIÓN DE ACTIVOS EN EL MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO

## RESUMEN

En el mundo financiero, tanto en los mercados como en las economías se presentan constantemente cambios en el entorno, y por su parte, los inversionistas a diario se enfrentan a estas dinámicas financieras las cuales se deben tener presentes al momento de seleccionar instrumentos financieros. Bajo este panorama, destacados autores han desarrollado teorías, investigaciones y modelos que les permiten a los gestores tomar decisiones de inversión más acertadas, prevaleciendo la generación de valor para el accionista y la consecución de una rentabilidad esperada. En este sentido, este trabajo emplea el uso de *Sharpe* y *Omega ratio* aplicados a una canasta de activos que conforman el índice bursátil *COLCAP*. Se plantea elegir un índice de optimización, que le facilite al inversionista la selección de activos en función del desempeño que estos presentan, en términos de minimización de riesgo y maximización de rentabilidad.

**Palabras clave:** Harry Markowitz, Portafolios de inversión, Renta variable, Optimización de portafolios, Sharpe Ratio, Treynor Ratio, Alfa de Jensen, Information Ratio, Omega Ratio, Sortino Ratio, COLCAP.

## Introducción

En un universo financiero, los inversionistas se enfrentan a diversos cambios, los cuales deben ser tenidos en cuenta en los análisis que se realizan en la toma de decisiones al momento de elegir un activo para invertir el dinero. Estos cambios involucran cierto grado de incertidumbre y riesgo, ocasionado por los diferentes sucesos económico-financieros que presenta una o varias economías, lo que dificulta dicha decisión; como, por ejemplo, las volatilidades de los precios de los activos o los comportamientos no observados.

Por ende, los inversionistas utilizan herramientas y estrategias, tales como: modelos matemáticos y actuariales, análisis técnicos, investigaciones micro y macro económicas, pronósticos, predicciones o quizás, muchas de ellas, decisiones a partir de experiencias empíricas. Lo que sí es claro, es que independientemente de la forma como se tome la decisión, siempre se estará buscando la mayor rentabilidad posible ante un perfil o nivel de riesgo específico.

Este trabajo se fundamenta principalmente en la teoría moderna de portafolios de Harry Markowitz (1952), que a través del tiempo ha sido la base en las investigaciones de autores como *William Sharpe, Fischer Black, Robert Litterman, Jame Tobin, Stephen Ross, Philippe Artzner, Freddy Delbaen, Jack Treynor, Michael Jensen, Keating y William Shadwick, Zhang, Xiao y Wang, Guillermo Buenaventura Vera, Andrés F. Cuevas, Eduardo A. Cruz, Jorge A. Urrutia, Pedro D. Medina* y de otros autores no menos importantes los cuales han perfeccionado los primeros modelos financieros, han desarrollado importantes investigaciones académicas y han desarrollado mejoras a los índices de optimización en los portafolios de inversión.

El segundo tema a desarrollar en el documento es el planteamiento del problema y el

propósito de la investigación. Como un tercer capítulo, se abordará el estado del arte en el cual se explican las técnicas y los estudios relacionados con los ratios: *Sharpe* y *Omega*, cuyos índices de optimización fueron seleccionados en la literatura financiera para el análisis práctico de este trabajo, debido a que presentan diferencias técnicas entre ellos, lo que probablemente podría influir en la selección de activos por parte de los inversionistas bajo los diferentes instrumentos seleccionados; Posteriormente, se realiza una revisión a la literatura teórica clásica y moderna de carteras. En el desarrollo del quinto capítulo, se lleva a cabo la aplicación de estos índices de desempeño a una canasta de activos de renta variable en un panel de tiempo específico, permitiendo analizar y comprender los distintos efectos técnicos provocados por el mercado de capitales a cada uno de los índices incorporados; Y por último, como un sexto capítulo se revelan los resultados obtenidos, concluyendo cuál medida de rentabilidad ajustada al riesgo obtiene un mejor desempeño en comparación a otra y de esta manera proponer el uso de esta medida como herramienta confiable para elegir activos de inversión.



## **Planteamiento del problema**

A mayor riesgo mayor rentabilidad; este concepto se presenta con mayor manifestación en el comportamiento de activos de renta variable en cualquier mercado de capitales del mundo, especialmente en aquellos mercados como Colombia donde son mercados menos líquidos y más concentrados, con altos costos de transacción e ineficientes en la determinación de precios (Arbeláez, Guerra, Zuluaga, & Velasco, 2002); otros estudios recientes como el informe (Misión del mercado de capitales 2019, Pág.11) afirman que Colombia, es un mercado poco competitivo, donde existe una alta concentración de actores como de actividades y en donde existen duplicidades, inconsistencias, y problemas de incentivos. Estas insuficiencias que existen en las economías emergentes, hacen que los mercados sean más vulnerables ante la volatilidad en el tipo de cambio, caída en los precios del petróleo, riesgos políticos – corporativos – de crédito y liquidez, y choques financieros producidos por otras economías del mundo.

A consecuencia de la coyuntura funcional del mercado de capitales colombiano, en el año 2018 se instaló de nuevo la Misión de Mercado de Capitales para diagnosticar el estado actual de todas las actividades financieras y bursátiles; se tomó la opinión y visión de diversos participantes del mercado – agremiaciones – autoridades y agentes de la industria. El problema puntual del análisis sectorial encontrado en el informe (Misión del mercado de capitales 2019, Pág.13), converge a que se requiere un mercado de capitales fundamentado bajo seis pilares: (1) el paradigma que organiza la regulación son los principios de gestión de los riesgos que

enfrenta cada institución financiera; (2) ocurra un incremento significativo en la profundidad financiera para que puedan negociarse todos los riesgos tanto del lado de la oferta como de la demanda; (3) exista competencia que lleve a diferenciación entre las instituciones financieras y a ganancias de eficiencia; (4) no se presenten incongruencias regulatorias que generen malos incentivos; (5) el ambiente de profesionalismo y buen gobierno corporativo evite conflictos de interés y tenga relación con los propósitos de las instituciones financieras, con el de ahorradores e inversionistas; y (6) el mercado maximice el retorno social, sirviendo a los ciudadanos, mejorando su bienestar, y proveyéndolo de los servicios que necesitan.

Pese a que, los pilares anteriores buscan en la siguiente década ampliar la participación de los ciudadanos en un mercado de capitales eficiente y profundo, y consecuentemente, mejorar tanto los vehículos de ahorro como los instrumentos de transferencia de riesgos, de acuerdo a lo observado, se hace necesario que los administradores de portafolios implementen índices de optimización no tradicionales, como los que soportan la teoría de *H. Markowitz* (Media-Varianza / Downside Risk), ya que estos índices no incorporan características fundamentales y variables robustas que le facilite al administrador seleccionar instrumentos financieros adecuados para no sub valorar el riesgo de cada inversión en ausencia de mercados desarrollados como sí lo son el asiático, europeo y el de Estados Unidos.

Desde la visión al problema estructural del mercado de capitales, existen varios problemas; con relación al pilar (1); es importante usar estos índices de rentabilidad para la diversificación del riesgo cuando por causa de los lineamientos normativos y regulatorios de un país, los sistemas de riesgo no responden plenamente y por su

parte, ocasionen que las actividades financieras tiendan a sobre regular y a desproteger los riesgos implícitos del mercado. Por otro lado, como se plantea en el pilar (2); al presentarse mercados de capitales donde hay poca oferta (emisores) y poca demanda (inversores) desde el punto de vista económico, se genera una ineficiente distribución del riesgo lo cual genera una menor inversión, menores retornos sobre los excesos de ahorro y, en consecuencia, un menor crecimiento económico. Así mismo y, consecuentemente con el pilar (3); un mercado poco profundo, con poca competencia y con una amplia concentración de agentes, implica altos costos de emisión y bajos retornos; es por eso, que la implementación de una medida de desempeño permite asumir riesgos bajo una tasa de rentabilidad mínima aceptada, consigue seleccionar activos más rentables en comparación a otras emisiones cerrando brechas como la baja rentabilidad. Al existir dependencias por parte de regulación sobre las instituciones financieras y no de las actividades que dicha institución realiza, genera grandes inconsistencias, que a su vez producen problemas de incentivos. Como se plantea en el pilar (4), existe la posibilidad de arbitraje regulatorio que conlleva a comportamientos estratégicos que eventualmente afectan el funcionamiento del mercado generando riesgos sistémicos que pueden llevar a producir importantes vulnerabilidades macroeconómicas.

Desde otro punto de vista, el accionista está expuesto a riesgos por parte de las instituciones especializadas en mercados; cuando el gobierno corporativo milita conflictos de interés y donde los intereses de las empresas no están determinados por los intereses de los inversionistas hace que se pierda la confianza sobre los mercados bursátiles, seguidamente, no se cuenta con un ente que se apodere de la educación y

certificación de los agentes bajo los más altos estándares profesionales, y no bajo parámetros de cumplimiento como lo hace el autorregulador de mercado de valores (AMV) por ende, suministrar estudios, tesis y herramientas que le permitan a las empresas y profesionales especializados consultar contenidos de aplicaciones sobre el mercado local, permite que se refuercen los conocimientos y se creen otros análisis para la toma eficiente de decisiones de inversión. Por último, la implicación de tener en Colombia un mercado restringido y carente de liquidez, imposibilita la consolidación tanto de nuevos emisores como el ingreso de terceros interesados en la adquisición de productos de corto y largo plazo; esto sin duda, se convierte en un problema desde el punto de vista académico y de mercado, pues al no existir diversidad de industrias emitiendo valores por falta de demanda no se logra realizar estudios profundos del impacto de los instrumentos de renta variable sectorizado y no se pueden medir los efectos que ocasionan implícitamente en cada industria los altos costos de capital y la disminución de la rentabilidad.

En la actualidad el mercado de capitales constituye una de las actividades financieras más lucrativas y riesgosas para los inversionistas, esto último ocasionado, por el desarrollo de las distintas crisis económicas mundiales, y bajo esta realidad, para los gestores de inversiones, los problemas comunes se basan en encontrar instrumentos financieros eficientes que permitan maximizar su rentabilidad a un nivel de riesgo aceptable, soportados en información y herramientas disponibles que llenen sus expectativas y empleen un mismo comportamiento técnico en el mercado al cual se desea invertir; en consecuencia, la herramienta que existe para controlar el riesgo es la diversificación de sus inversiones (Sharpe, 2000).

Para el caso colombiano, el comportamiento del índice de referencia compuesto por las 24 acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia (Guía colombiana del mercado de valores, 2008, Pág.37) refleja un mercado accionario continuamente fluctuante (ver ilustración 1) donde en principio, los choques de las crisis internacionales han repercutido sobre el mercado de renta variable local. Si miramos en la ilustración los años entre el 2008 y 2009, el enorme estallido de la burbuja inmobiliaria de Estados Unidos, efecto conocido como la gran recesión, ocasionó que el índice bursátil colombiano se contaminara producto de los choques internacionales; Eventos más recientes trascienden al año 2020, donde debido a un efecto de emergencias sanitaria y a la propagación del virus COVID-19, así como a la caída del precio del petróleo, se los índices de las bosas de valores del mundo han presentado caídas significativas; por ejemplo, en la tercera semana de marzo, la caída de los índices bursátiles europeos descendieron en promedio 2,5% - el mercado asiático un 5.04%, Dow Jones, S&P 500 y el Nasdaq cayeron un 15% y, América Latina registró un caída en las principales bolsas en promedio del 15,2% con un mayor impacto en la bolsa colombiana la cual llego a un descenso del 22%. Lo anterior supondrá un shock sin precedentes para la economía mundial, pese a que los países han tomado medidas para frenar estos impactos en los mercados, las grandes industrias, empresas e inversionistas han sido expuestos a problemas de riesgo de mercado, haciendo que los excesos de liquidez en la economía se reduzcan llevando consigo cierre de operaciones financieras y tomando estrategias de inversiones distintas como medidas de diversificación al riesgo.

## Ilustración 1

### Evolución del COLCAP en los últimos 13 años



Fuente:

<https://www.investing.com/indices/colcap>

Varios interrogantes que surgen en el ámbito de las finanzas es el de comprender en detalle los modelos existentes para la toma de decisiones de inversión en activos financieros. Se hace necesario conocer y comparar sus diferencias respecto a la manera de hacer competitivas y eficientes sus carteras de inversiones en relación a su rentabilidad y riesgo, debido a que cada aplicación de los modelos en las economías con volúmenes pequeños de transacciones hace que las herramientas no ofrezcan los mismos comportamientos y revelaciones como si se presentaran en economías desarrolladas. Para comprender lo anterior, al revisar la gráfica de la *ilustración 2*, se puede observar que el índice de referencia con las 30 empresas más grandes que cotizan en el mercado bursátil americano (*DJI*) presentan patrones idénticos a los de la referencia colombiana ante las exposiciones de las crisis financieras, sin embargo, la diferencia entre las

dos economías hacen observar que por un lado, el *Dow Jones Industrial Average* presenta un crecimiento geométrico constante a diferencia del comportamiento asociado al *COLCAP*, pues este último presenta poca dinámica en el mercado y por el otro, en ausencia de mercados líquidos, la formación de precios y la certeza de encontrar compradores para los instrumentos financieros emitidos actúan como disuasores para la colocación de los mismos.

## Ilustración 2

### Comparación del índice COLCAP Vs índice Dow Jone



Fuente:

<https://www.investing.com/indices/colcap>

Un problema en el comportamiento del COLCAP es que el mercado colombiano ha presentado variación en su índice de referencia debido en principio a que la capitalización

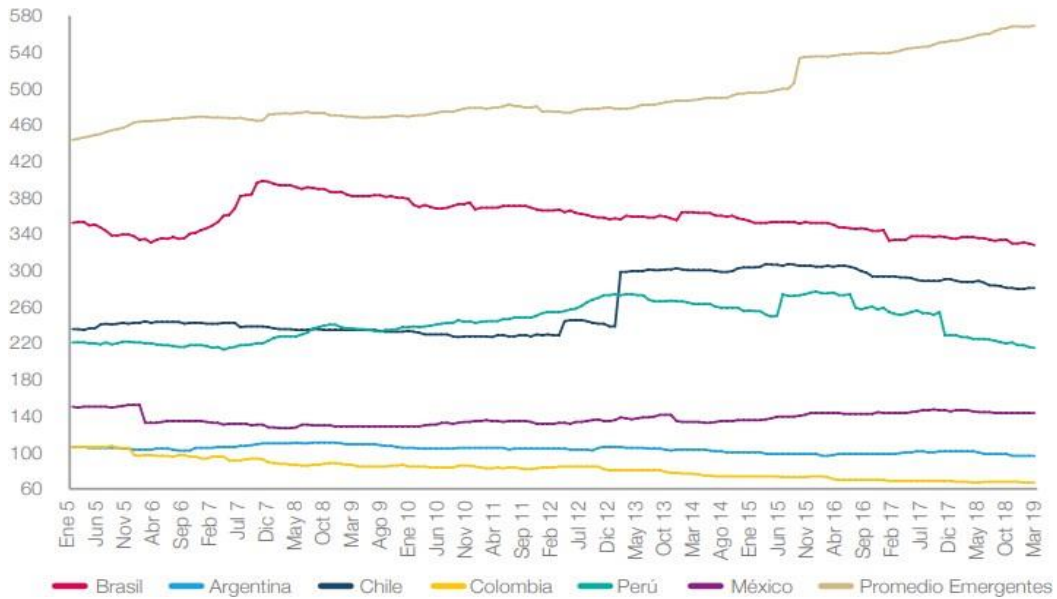
bursátil que en el año 2010 alcanzaba el 76% del PIB ha descendido a un 31% en 2018; lo que ha generado que el monto de emisiones como el número de emisores se reduzca particularmente desde el año 2011. A lo anterior, existen consideraciones como el valor de las comisiones de mercado, en especial las relacionadas con operaciones de intermediación de bajo monto y portafolio de inversiones con poca transaccionalidad; los costos asociados a las operaciones de tesorería como los repos y las transferencias temporales de valores (TTV) en renta variable oscilan entre 0.40% y 0.59% dependiendo del monto y plazo de la operación, en operaciones de bajo monto, la tarifa puede alcanzar hasta un 0.65% (Misión del mercado de capitales 2019, Pág.38-39). Con respecto a la salida del mercado de grandes emisores, según la gráfica de la *ilustración 3* tomada del informe (Caracterización del Mercado de capitales colombiano, Asobancaria, Cap. II. Pág. 47), desde el año 2005 cada vez son menos las empresas que han buscado obtener recursos por medio del mercado bursátil en la mayoría de los países de la región. La disminución más grande en el número de empresas listadas se ha presentado en el mercado colombiano en el que se observa una reducción de 37,4%, pasando de 107 en enero de 2005 a 67 en mayo de 2019. En los mercados de Argentina, Brasil, México y Perú las empresas listadas han disminuido en promedio en 5,9%, mientras en Chile el número de empresas listadas ha aumentado un 19,2%.

El bajo número de empresas listadas en Colombia refleja que los costos y/o complejidad en la emisión de acciones superan los de otros mecanismos de financiaci3nes disponibles para las empresas del país y posiblemente los de otros países de la región. A su vez, un número tan bajo de empresas listadas en bolsa reduce las oportunidades de inversión de los agentes y limita la profundidad y liquidez del mercado.



### Ilustración 3

#### Número de empresas listadas en bolsa



Fuente: World Federation of Exchanges (WFE). Cálculo: Banco de la República

Ante la problemática encontrada con anterioridad y bajo los riesgos asociados al mercado, este trabajo pretende seleccionar activos de inversión bajo medidas de desempeño que ayuden a diversificar el riesgo, dado un conjunto de instrumentos disponibles del mercado accionario de Colombia; A cada una de las diferentes formas de diversificar este dinero entre diversos activos se denomina portafolio (Adler & Dumas, 1983).

## **Formulación**

Teniendo en cuenta las características del mercado de valores colombiano, señaladas en párrafos anteriores, se procede a la formulación de la pregunta de investigación siguiente:

## **Pregunta de investigación**

Desde las finanzas corporativas, ¿Se puede determinar si un índice de optimización es mejor que otro, en términos de la relación media-varianza, y si estos índices presentan un mismo desempeño en su aplicación en el mercado accionario colombiano?

## **Hipótesis**

Una de las preocupaciones de los inversionistas al momento de invertir en los mercados bursátiles es no contar con las herramientas para medir la probabilidad de ocurrencia del riesgo y las predicciones eficaces de factores económicos al momento de seleccionar activos, sin embargo, tanto en la teoría como en la práctica lo que es claro es que los instrumentos de renta variable tienden a ser más riesgosos por su volatilidad y no todos presentan simetría en su distribución, por lo tanto, utilizar indicadores de desempeño basadas en el Downside Risk y Higher Moments podría ser una de las alternativas ya que estos no contemplan comportamientos de probabilidad normal y por su parte, tienen en cuenta los retornos por debajo y por encima de un umbral específico de pérdidas proveyendo un indicador de la probabilidad total ponderada de pérdidas y ganancias, el que enteramente describe las propiedades riesgo-recompensa de la

distribución de los retornos.

Para validar si una medida de desempeño se ajusta a la distribución de probabilidad de la serie de datos y que ésta no presenta patrones de normalidad, la aplicación del test de Jarque Bera es la prueba que permitiría sustentar que los datos analizados presentan coherencia.

La hipótesis nula en el modelo será representada por la distribución normal, de forma tal que se debería rechazar con P-valores pequeños para demostrar que el modelo es consistente a un nivel de significancia del 5%.

La utilización de otras pruebas como el histograma y gráficas de cuartil-cuartil podría concluir que ninguno de los índices de desempeño sigue una distribución normal, sino que las series de datos tienen valores extremos y que estos no comparten las mismas distribuciones.

Si utilizáramos medidas paramétricas como el *Sharpe ratio*, el inversionista estaría omitiendo los riesgos implícitos de cada variable, pues la media y varianza pueden ser compartidas, pero el riesgo no sería el mismo entre las dos. Pese a que este método es comúnmente utilizado por los inversionistas para evaluar los retornos de los instrumentos financieros utilizados y para diversificar el riesgo atribuido al mercado, no le permitiría al gestor de inversiones medir el desempeño de su administración de portafolios y podría estar subvalorando el riesgo asumido por el inversor.

## **Objetivo general**

Determinar cuál es el índice de optimización con mejor desempeño en términos de media-varianza aplicado a distintas emisiones del mercado accionario colombiano.

## **Objetivos específicos**

1. Investigar sobre la teoría moderna de portafolio, principales avances y autores.
2. Modelar los índices de optimización seleccionados para los activos del mercado accionario en un rango de tiempo específico.
3. Concluir si cada uno de los índices de optimización aplicados a las diferentes acciones presentan el mismo patrón de comportamiento.
4. Poner en evidencia la importancia de los resultados obtenidos resolviendo la pregunta de investigación.

## Estado del Arte

Las teorías de portafolio de inversiones se realizan con el fin de obtener una diversificación óptima y unas rentabilidades por encima de la media del mercado teniendo en cuenta el nivel de riesgo asumido por el inversionista, de tal manera que, esta gestión ha contribuido a la consolidación de mercados eficientes generando la apertura y difusión de precios justos. Por otro lado, las medidas de rentabilidad son naturalmente un indicador relativo que permite verificar los resultados de la gestión de uno o varios instrumentos financieros, pues sin la adquisición de estos activos no se podría estudiar las características de riesgo, rentabilidad, liquidez y eficiencia. Consecuentemente, estas medidas de rentabilidad podrían clasificarse en tres categorías: contables, ajustadas al riesgo y las que proporcionan los mercados de capitales.

Las medidas de rentabilidad basadas únicamente en información contable fueron los primeros avances en el estudio de portafolios; los autores (Graham, Dodd y Cottke, 1934), soportaron su estudio en la profundización de los estados financieros para realizar un análisis que permitiera establecer criterios apropiados para seleccionar acciones y bonos para invertir; estas técnicas en la actualidad son conocidas como: *Return On Assets (ROA)* y *Return On Equity (ROE)*, esta última empleada como medición sobre las acciones preferiblemente utilizadas en las entidades no financieras.

Del segundo grupo, esto es, de las medidas ajustadas al riesgo, el Rendimiento Ajustado al Riesgo de Capital (*RAROC*) a diferencia de la anterior clase, es un indicador adoptado por los bancos y aseguradoras de todo el mundo según (Buch, 2011) y adopta por su parte, la posición contradictoria ante la relevancia de verificar la información contable por el riesgo de contaminación que existe en los bancos como árbitros de crédito, por su papel como

financiadores, colocadores de liquidez y por sus servicios de pago, lo anterior, percibido por las crisis económicas recientes ocasionadas por el ineficiente apalancamiento y el exceso incongruente de los activos bancarios. Para que los bancos logren resolver estas contrariedades, (Rymanowska, 2006) propuso ajustar parámetros y crear reglas, además de promover la transparencia en la notificación de información financiera y metodologías de control interno. Por otro lado, (Worthington y West, 2001) argumentan que, los modelos tradicionales terminan recibiendo un apoyo excesivo en los datos contables pasados y no tienen en cuenta el rendimiento mínimo para el inversionista. El RAROC permite medir la rentabilidad de un portafolio diversificado mediante la exposición al riesgo, sin embargo, en los estudios realizados por (Prokopczuk, 2004) cuestiona la ecuación original pues se entiende que el rendimiento esperado es la mejor medición de rendimiento ajustada al riesgo y que las pérdidas esperadas ya se han incorporado en su estimación, y en consecuencia se ajusta al riesgo. Posteriormente se ajustó el modelo tradicional de *RAROC* y se integró el cálculo del Valor a Riesgo (*VaR*) lo que originó las metodologías *RORAC* (*Return On Risk – Adjusted Capital*) y *RARORAC* (*Risk-Adjusted Return on Risk-Adjusted Capital*).

Las medidas clásicas performance de la cartera, implican una tercera categoría dentro de los índices relativos de rentabilidad, a su vez, brindan dos divisiones de desempeño clasificadas así: medidas de comparación o de referencia “*Benchmark*” y medidas que se ajustan implícitamente al riesgo, dado un componente sistemático y un componente diversificable, este último a través del modelo *Capital Asset Pricing Model* (*CAPM*) de W. Sharpe.

Durante los últimos ochenta años diversos autores han contribuido con lo que hoy se conoce como la teoría moderna de portafolio, representados en particular por el Nobel de Economía, Harry Markowitz (“Portfolio Selection”, 1952), donde se relaciona el riesgo con el rendimiento, como un conjunto de composiciones que genera portafolios óptimos y eficientes

fundamentando su modelo en el cálculo de media – varianza, pero en la actualidad, no solo los gestores de portafolios buscan determinar las herramientas para la eficiente selección de activos, sino que también, de acuerdo con (Véronique Le Sourd, 2007), los inversionistas quieren saber si los administradores son exitosos en la consecución de los objetivos propuestos del portafolio, lo que daría lugar a inquietudes legítimas como si el retorno obtenido sobre la inversión es suficientemente alto para recompensar el riesgo asumido (Le Sourd, 2007, pág. 5)<sup>1</sup>. Sin embargo, el modelo de Markowitz se ha convertido en un modelo arcaico, pues se fundamenta principalmente en el desempeño histórico de los activos analizados sin considerar las expectativas e información que tiene el inversionista sobre el futuro y asume que existe una estabilidad en el mercado, es decir, considera que los retornos de los activos de inversión se comportan con distribuciones normales, tomando como único factor de riesgo la volatilidad de los rendimientos. (Black Litterman, 1992) hace una propuesta ante las deficiencias que existen en el modelo clásico de H. Markowitz y es la incorporación de las expectativas futuras que poseen los inversores sobre los instrumentos financieros en los cuales invertirán los excesos de liquidez y en función de su nivel de confianza, soportado en que los individuos no toman decisiones con base a los rendimientos históricos de los activos, así el aporte Litterman permite al inversionista flexibilización del mercado ante patrones de normalidad para añadir estrategias de inversión. En los primeros desarrollos William Sharpe (1964) en el contexto del CAPM, destacó la noción de recompensa al riesgo, alineación proporcionada a la teoría de moderna de portafolio, argumentando en su escrito “*A theory of market equilibrium under conditions of risk*” que tomando la aplicación en una cartera de fondos mutuos, en promedio ninguno superaba el índice bursátil *Dow Jones*, es decir, ningún activo respondía a las oscilaciones propias del mercado, lo que le permitió incorporar a su modelo el riesgo no diversificado, la medida de

---

<sup>1</sup> (Le Sourd, 2007). EDHEC Risk and Asset Management Research Centre. January 2007. Pag. 5.

volatilidad coeficiente beta “ $\beta$ ”. Es así, como a través del *CAPM* se puede predecir el riesgo de un instrumento financiero aislando por separado el riesgo sistemático y no sistemático. En referencia al riesgo no sistemático autores como (Gitman & Zutter, 2012, pág. 306) lo definen como la parte del riesgo de un activo que se atribuye a causas fortuitas, acontecimientos específicos de la empresa y que pueden eliminarse a través de la diversificación; por otra parte, las preocupaciones con mayor relevancia que presentan los inversionistas son los riesgos que tácitamente no se pueden diversificar, tales como factores de guerra, la inflación, el estado general de la economía, incidentes internacionales y acontecimientos políticos, que hacen parte del riesgo que no se puede diversificar (Gitman & Zutter, 2012, pág. 306), a estos riesgos se les conoce como riesgo sistemático. Se puede afirmar que el modelo *CAPM* es una herramienta para la diversificación de portafolios apalancada principalmente en el riesgo, lo que sin embargo, le ha generado diferentes polémicas, por ejemplo, (Leland, 2003) demuestra que las medidas del *Capital Asset Pricing Model* son invalidas dado a que es ineficiente el riesgo (media-varianza) y el Alpha ( $\alpha$ ) mide erróneamente el valor agregado de los gestores de inversiones<sup>2</sup>, por otro lado, la desviación típica y la varianza dejan de ser útiles como medida de desempeño cuando las distribuciones no son simétricas, puesto que la probabilidad de obtener un rendimiento por encima de la media es diferente a la probabilidad de obtenerlo por debajo de ella, caso contrario ocurre cuando son normales las distribuciones. Pese a las críticas que explican los rendimientos del portafolio a partir del índice de mercado como un único factor de riesgo y no como uno que incorpora varios factores como lo son: el sesgo (negativo/positivo) y la curtosis (por encima o por debajo de la media) este método ha sido de gran importancia para el desarrollo de nuevos índices de optimización por multi-factores. A las anteriores medidas paramétricas se le conoce

---

<sup>2</sup> LELAND, Hayne E. Beyond Mean-Variance: Performance measurement in a nonsymmetrical world. Association for investment management and research. 2003.



como *Downside Risk* o medidas de dos momentos (Media- Varianza).

Al existir limitaciones en los modelos paramétricos y ante la suposición donde si solo se tuviera en cuenta la media y la varianza para comprobar el análisis del comportamiento de una variable, podría hallarse que en ocasiones dos variables comparadas gocen de las mismas determinantes del análisis, sin embargo, alguna de las dos puede ser más riesgosa que la otra debido a los sesgos negativos. Ante esta dificultad se han ajustado y desarrollado alternativas que replantean el estándar de *Sharpe*, a estas medidas no paramétricas<sup>3</sup> de mayores momentos se les conoce como *Downside Risk and Higher Moments*. Autores como (Kraus & Litzenberger, 1976) proponen un método que incluye la respuesta asimétrica a las variaciones en la rentabilidad tanto positivas como negativas, quienes a partir de un enfoque de media- varianza consideran que los inversionistas tienen inclinación por un tercer momento (sesgo) y proponen un modelo de evaluación de dos factores que incluyen el Riesgo Sistemático de Varianza y el Riesgo Sistemático de Asimetría<sup>4</sup>. (Melnikoff, 1998) propone un enfoque actuarial donde la aversión al riesgo de los inversionistas es caracterizada por una constante (W) la cual mide su equilibrio entre ganancia y déficit, es decir, la ganancia esperada por el inversor es compensada por un riesgo de déficit fijo.

Sortino, es otra medida de rentabilidad parecida a la de W. Sharpe, de acuerdo con (Sortino & van der MEER, 1991), una de las particularidades comunes de los índices de optimización que no consideran el supuesto de *Sharpe* es el *Minimum Acceptable Rate of Return (MARR)* el cual es usado para diferenciar el riesgo de la volatilidad. Para Sortino y van der Meer las rentabilidades sobre el punto de referencia implican que los objetivos se están logrando y por lo tanto estos se consideran como “buena volatilidad”, por otra parte, las realizaciones bajo el

---

<sup>3</sup> las medidas de desempeño referenciadas como no paramétricas se refieren a aquellas que no suponen normalidad en la distribución de los retornos.

<sup>4</sup> también citados en (Miralles Marcelo, Miralles Quirós, & Miralles Quirós, 2007).

punto de referencia implican una falla en el logro de los objetivos y debería considerarse como “mala volatilidad” o “riesgo”. Poco después, (Sortino y Price, 1994) crearon el índice Fouse el cual se fundamenta en la teoría de utilidad, en un contenido de Media-Riesgo de pérdida; Describieron a esta medida como equivalente al índice de Sharp’s Alpha en el contexto media-Downside-Risk. Debido a las dos investigaciones anteriores, donde Sortino y Fouse ratio dependen del uso del retorno esperado y Downside Risk, (Sortino, Van der Meer y Plantinga, 1999) plantean una alternativa llamada *Upside Potential Ratio* la cual es el equivalente al promedio ponderado por probabilidad de rendimiento por encima de la tasa de referencia. Otra alternativa propuesta para medir el desempeño de las inversiones cuando los rendimientos no se comportan de manera simétrica y en donde para el caso de la varianza debe medir apropiadamente el riesgo, los autores Hwang y Satchell propusieron un modelo que combina el *CAPM* tradicional con la estimación de tres momentos mayores, eso es, media, varianza y sesgo, modelo conocido como *Higher moment measure of Hwang and Satchell*.

(Keating & Shadwick, A Universal Performance Measure, 2002) afirman que la importancia de los momentos mayores reside en que con estos se pueden analizar y describir debidamente distintas distribuciones de probabilidad que podrían tener los dos primeros momentos de los modelos paramétricos (Media-Varianza); tal cual cómo se referenció anteriormente, el sesgo y la curtosis se introducen como dos nuevos momentos en el análisis completo de la distribución de probabilidad de una variable que no se distribuye de forma simétrica o normal<sup>5</sup>, con lo cual, en el análisis completo de los retornos de un portafolio es requerido la utilización de medidas robustas que permitan mostrar el desempeño más eficiente de una variable, a consecuencia de lo anterior, (Keating & Shadwick, A Universal Performance Measure , 2002) y (Keating & Shadwick, An Introduction to Omega, 2002) desarrollan una

---

<sup>5</sup> KEATING, Con y SHADWICK, William. A Universal Performance Measure. 2002.

medida de evaluación del desempeño que definen como Omega, la cual tiene presente todos los momentos superiores de la distribución de una variable y adicionalmente incluye la utilización de un nivel de retorno de referencia, contra el que se comparará, si es un benchmark, o se medirá si es un retorno mínimo admitido. Omega puede implementarse como índice de referencias de portafolios y evaluar el desempeño de la gestión del inversionista, lo que genera una gran ventaja sobre otras medidas de rentabilidad *Downside Risk and Higher Moments* anteriormente vistas. (Balder & Schweizer, 2016) destaca otra de las ventajas de *Omega* sobre *Sharpe* y es que *Omega* es consistente con *Dominancia Estocástica de Segundo Orden (SSD)* pues ésta incorpora toda la distribución completa de los retornos y no requiere fuertes suposiciones acerca de la función de utilidad de los inversionistas. La consecuencia más importante de esta propiedad según los autores es que cuando cualquier inversionista averso al riesgo prefiere un pago potencial sobre otro, entonces este pago también exhibe un mayor Omega. Balder y Schweizer (2017) también establecen una condición para que *SSD* y *Omega* sean consistentes: al elegir entre más de dos pagos, un pago que es dominante en *SSD* también tiene la ratio Omega más alto, siempre que, al menos un pago en el set de elección tenga un valor esperado por encima del parámetro umbral elegido en la ratio.

### **Marco teórico**

#### **Marco referencial**

El marco teórico será expuesto con base a los modelos de selección de portafolios óptimos apoyado principalmente por las teorías expuestas por los autores Harry Markowitz y Black Litterman. Además, se incluyen otros autores que son referenciados a lo largo del trabajo.

## **Teoría moderna de Portafolios**

En la actualidad, la estructura de portafolio se ha convertido en un aspecto clave para las empresas que cotizan en bolsa, debido a los cambios cada vez más acelerados que se dan en el entorno y por los cuales se debe estar preparado. La incertidumbre que genera el ambiente es la clave para que los financistas analicen los cambios futuros y las estrategias a tomar para enfrentar de manera acertada los cambios. El concepto de portafolio nace mediante la necesidad de desarrollo de los mercados financieros y la evolución de las finanzas del siglo anterior en que se buscaba un marco de inversión para la selección y construcción de carteras basadas en la maximización de rendimientos y la minimización del riesgo simultáneo (Fabozzi, Gupta y Markowitz, 2002).

La teoría de portafolio moderna contempla los conceptos expuestos por Markowitz y las contribuciones desarrolladas por William Sharpe con su teoría de la formación de precios de activos financieros introducida en 1964, conocida como Capital Asset. Modelo de fijación de precios (CAPM) (Mangram, 2013)

## **Teoría de selección de portafolios de Markowitz**

Markowitz teoriza que los dividendos proyectados son desconocidos, que el valor de los activos deberían ser descontados a valor presente neto de la rentabilidad futura y que para el análisis de un portafolio se recomienda como máximo tener en cuenta todas las características individuales de los activos que conforman el portafolio, representados por la covarianza entre los activos, es de esta forma como la varianza del portafolio depende de la varianza de los activos

y la covarianza entre ellos ("Portfolio Selection", 1952).

El modelo de optimización de Markowitz está soportado en siete supuestos que definen tanto el comportamiento de los inversionistas como las condiciones del mercado.

1. Riesgo por parte de los inversionistas.

En este supuesto existen dos características, una de ellas es el retorno deseado por parte del inversionista y, por otra parte, la variación negativa como lo indeseable. En el modelo de Markowitz se determina que la estructura de portafolio está basada en recuperar la inversión con mayores retornos y con niveles de riesgos minimizados.

- 2 Retornos altos compensados con la disminución del riesgo. Aceptabilidad del inversionista.

En este supuesto se manifiesta la relación entre la rentabilidad y los riesgos. Se tiene en cuenta en este supuesto que no en todos los casos a mayor inversión riesgosa siempre los rendimientos puedan ser más altos.

- 3 Acceso a información pertinente antes de tomar una decisión de inversión.

En este supuesto se afirma la importancia de revelación de la información de las empresas que emiten títulos valores, y que están obligadas a reportar información a los inversionistas.

- 4 Acceso a préstamos bancarios de manera ilimitada con un costo de capital igual a una tasa libre de riesgo.

En este supuesto las grandes firmas pueden acceder a financiación con una tasa de interés cercana a la tasa de libre de riesgo, pero no todas las empresas pueden obtener de manera ilimitada préstamos bancarios.

- 5 Mercados de escala (Eficientes).

En este supuesto se afianza la teoría de portafolios de Markowitz, la cual se soporta en el supuesto de que los mercados son perfectamente eficientes. Sin embargo, existen brechas que impiden corregir la insatisfacción de los mercados.

- 6 Los mercados exceptúan los costes de impuestos y transacciones financieras.

En este supuesto se acepta que los mercados tienen que incurrir con costos de transacciones financieras y a su vez pagar una carga impositiva.

- 7 Posibilidad de elegir activos con rendimientos individuales distintos a otros portafolios de inversión.

En este supuesto, Markowitz calcula el retorno esperado rendimiento promedio

$\bar{R}_p$  de la siguiente manera:

$$\bar{R}_p = \sum_{i=1}^N x_i \bar{R}_i$$

Dónde:

$x_i$ : Participación porcentual del i-ésimo activo dentro del portafolio.

$\bar{R}_i$ : Retorno esperado del i-ésimo activo

Por su parte. El modelo calcula la varianza esperada **Sp 2** del portafolio de la siguiente manera:

$$Sp^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}$$

Dónde:

$\sigma_{ij}$ : Covarianza de los retornos entre el i-ésimo y j-ésimo activo.

Ahora bien, respecto al rendimiento esperado, el mismo se puede calcular como el promedio de los últimos k periodos bajo análisis y las covarianzas de forma matricial (matriz S covarianzas), tal como se presenta a continuación (Benniga, 2006):

$$\bar{R}_i = \sum_{t=k}^N r_{it}$$

$$S = \sigma_{ij} = A^T A K$$

## Teoría de selección de portafolios de Black-Litterman

El modelo de Black Litterman nace posteriormente al modelo de Markowitz. Este modelo como versión mejorada comparte la teoría tradicional de la Media Varianza considerando los siguientes supuestos: Existen n activos con capitalizaciones y donde la capitalización de mercado

es igual al número de títulos o unidades del activo disponibles en el mercado por su respectivo precio. Black y Litterman (1992)

El modelo utiliza la aproximación bayesiana para la inferencia de los retornos esperados de los activos del portafolio. Este enfoque hace que a los rendimientos esperados se les pueda inferir su distribución de probabilidad con base en las creencias o expectativas previas que se tengan sobre la evolución de los activos que conformarían el portafolio y los rendimientos esperados de un portafolio inicial, el cual se obtiene mediante un modelo CAPM, de Markowitz o un índice de mercado, según el teorema de Bayes:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$$

Dónde:

$P(A|B)$ : Es la probabilidad condicional de A dado B, conocida también como la condición a posteriori.

$P(B|A)$ : Es la probabilidad condicional de B dado A.



$P(A)$ : Es la probabilidad de A, también conocida como probabilidad a priori.

$P(B)$ : Es la probabilidad de B también denominado constante normal.

Este modelo parte de la distribución a priori (portafolio de referencia) y las expectativas que tiene el inversionista acerca del rendimiento esperado de un activo<sup>1</sup> seleccionado por el inversionista. El modelo tiene como base la teoría del CAPM (Capital Asset Pricing Model) como combinación a priori, aunque el mismo no necesariamente refleje de forma exacta las expectativas de mercado que tenga el inversionista. Sin embargo, constituye un punto de referencia para comparar las expectativas propias para la identificación de existentes oportunidades de inversión. En este sentido, se presenta el modelo de Black-Litterman utilizando la misma notación que el enfoque de Media-Varianza:

Para un portafolio de mercado se supone la siguiente:

$$f(u) = WTR - \delta WT \Sigma W$$

Teniendo en cuenta que el objetivo del inversionista es maximizar su utilidad, el problema de optimización se define como:

Una vez utilizada la solución de multiplicadores de Lagrange, se obtiene la derivada parcial respecto a  $W$ , se iguala a cero con el fin de obtener la proporción óptima del portafolio de referencia utilizando la capitalización de mercado, obteniend

la siguiente expresión:

$$R = \delta \Sigma W$$

Dónde:

$\delta = R_m - R_f$   $\sigma_m^2$ : Parámetro de aversión al riesgo.

$R$ : Retornos de equilibrio  $\Pi$ .

Por lo tanto, la ecuación de los retornos esperados de los mercados de capitales que hacen que el mercado este en equilibrio, es la siguiente:

$$\Pi = \delta \Sigma W$$

Finalmente, y dado que el modelo de Black Litterman incluye tanto las expectativas del inversionista, ponderando los activos dentro del portafolio de acuerdo a su nivel de confianza, llegamos a la siguiente fórmula:

$$(R) B-L = [(\tau \Sigma)^{-1} + P T \Omega^{-1} P]^{-1} * [(\tau \Sigma)^{-1} \Pi + P T \Omega^{-1} Q]$$

Dónde:

$Q$ : Matriz views sobre los activos

$P$ : Matriz views de cada activo

$\Omega$ : Varianza incertidumbre

$\Pi$ : Portafolio de mercado

$(\tau \Sigma)^{-1}$ : Ponderación o confianza sobre  $\Pi$

**$P T\Omega -1$** : Ponderación o confianza sobre  $\Omega$

### **Indicador de optimización - Sharpe.**

Este es un indicador que muestra por cada unidad de riesgo en la que se incurrió, cuál es el rendimiento promedio del portafolio, para lo cual, utiliza la desviación estándar de los rendimientos del portafolio.

$$S = (r_p - r_f) / \sigma_p$$

Dónde:

S: Índice de Sharpe.

$r_f$ : Rendimiento del activo libre de riesgo.

$r_p$ : Rendimiento del portafolio seleccionado.

$\sigma_p$ : Desviación estándar del portafolio (Volatilidad).

### **Indicador de optimización - Índice Treynor**

Este es un índice que determina por cada unidad de riesgo en la que se incurrió cuál es el rendimiento del portafolio, y lo realiza tomando como medida de riesgo el Beta del modelo CAPM.

$$T = (r_p - r_f) / \beta$$

Dónde:

$T$ : Índice de Treynor.

$r_f$ : Rendimiento del activo libre de riesgo.

$r_p$ : Rendimiento del portafolio evaluado.

$\beta$ : Beta del modelo CAPM (Riesgo de Mercado).

### **Indicador de optimización - Índice Alfa de Jensen**

El índice de Jensen, mide el exceso de rentabilidad, superior o inferior al obtenido por el modelo CAPM. Si el indicador alfa es positivo, se concluye que el administrador del portafolio tiene una rentabilidad por encima de su portafolio.

$$(r_{pt} - r_{ft}) = \alpha_p + \beta(r_{mt} - r_{ft}) + \varepsilon_t$$

Dónde:

$r_{pt}$ : Rendimiento del portafolio.

$r_{ft}$ : Rendimiento del activo libre de riesgo.

$r_{mt}$ : Rendimiento del mercado.

$\beta$ : Sensibilidad del portafolio a las fluctuaciones del mercado (Riesgo Sistémico).

$\varepsilon_t$ : Término del error, que se comporta como ruido blanco.

$\alpha_p$ : Índice de Jensen.

## **Indicador de optimización - Information Ratio**

El indicador Information Ratio, mide la relación entre los rendimientos de la cartera y los rendimientos de su benchmark, sobre la volatilidad de esos rendimientos. Refleja la capacidad del gestor para generar una rentabilidad por encima de su índice de referencia y además la intensidad con la cual ha generado el plus en un mes o en varios meses.

$$IR = (RP - RB) TE$$

Dónde:

*RP*: Rendimiento del portafolio.

*RB*: Rendimiento del benchmark o índice.

*TE*: Tracking error (desviación estándar de la diferencia entre los rendimientos de la cartera y la rentabilidad del índice)

Un alto IR se puede lograr por tener un alto rendimiento en la cartera, la mínima rentabilidad del índice y un bajo Tracking Error.

## **Indicador de optimización - Sortino**

En línea con el desarrollo del Sharpe Ratio, Sortino y Price en 1994 propusieron un nuevo indicador que incorpora el nivel de riesgo del fondo de inversiones evaluado para generar un ranking que no solamente tenga en cuenta el desempeño actual sino, la capacidad del administrador del fondo de mantener un perfil de riesgo adecuado que le asegurará una alta

probabilidad de rendimientos futuros positivos.

De acuerdo con Ashraf Chaudhry y Helen Johnson en su paper “The efficacy of the Sortino Ratio and Other Benchmarked Performance Measures under skewed return distribution”, Sortino y Price plantearon que la evaluación del desempeño de los fondos debe tener en cuenta un “mínimo retorno aceptado (MARR)” el cual es un benchmark del mercado. Por lo cual “cualquier retorno por debajo del *MARR* producirá retornos desfavorables mientras que retornos por encima de *MARR* producirán buenos retornos. El riesgo está asociado únicamente con los malos retornos, por lo tanto, solo los retornos por debajo de *MARR* están asociados con el riesgo.” (Caudhry & Johnson, 2008).

Este indicador se popularizó como una medida de evaluación para los administradores de portafolio, los cuales son compensados por presentar aceptables niveles del Sortino Ratio ya que presentan altos niveles de retornos con una distribución de los excesos de los retornos sesgada positivamente.

Sortino ratio es entonces una medida para calificar la posibilidad de bajo desempeño de los fondos y está definido así:

$$\text{Sortino Ratio} = \frac{\bar{\alpha}}{DD}$$

Donde  $\bar{\alpha} = r_{\text{promedio}} / r_{\text{benchmark}}$  y  $DD$  es:

$$DD^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (r_t - MAR)^2 I(r_t \leq MAR)$$

## Indicador de optimización - Omega

Cascon, Keating and Shadwick del “The Finance Development Centre” de Londres propusieron la función Omega ( $\Omega$ ), que de acuerdo con Alexandre Favre-Bulle y Sébastien Pache en su tesis de maestría titulada “The Omega Measure: Hedge Fund Portfolio Optimization” este indicador “considera los retornos por debajo y por encima de un umbral específico de pérdidas y provee un indicador de la probabilidad total ponderada de pérdidas y ganancias que enteramente describe las propiedades riesgo- recompensa de la distribución de los retornos” (Favre-Bulle & Pache, 2003).

El indicador Omega se define de la siguiente forma:

$$\Omega = \frac{I_2(r)}{I_1(r)}$$

En donde  $I_1(r) = \int(x)dxra$  y  $I_2(r) = \int(1-F(x))dxbr$  en “donde F es la función de distribución acumulada de los retornos de los activos en el intervalo [a,b] y r es el nivel de retorno considerado como el umbral de pérdida.

Así el inversionista buscará maximizar la función Omega, dada que a mayor magnitud mayor la probabilidad de obtener retornos por encima del umbral definido r.

## Metodología

Este proyecto se inició con una etapa de investigación exploratoria acerca de las estructuras óptimas de portafolio con mayor énfasis en los índices de desempeño que emplean metodologías fundamentadas en *Downside Risk* y *Higher Moments*. Como se ha mencionado en el documento, estas medidas son las más completas para el análisis de riesgos a través de múltiples factores puesto que éstas no usan como un único factor el riesgo implícito del mercado.

Para realizar un análisis más profundo y lograr comparar los resultados obtenidos sobre las medidas de desempeño foco de esta tesis, se modeló adicionalmente el índice de Treynor, Ratio de Información, Alpha de Jensen y Sortino pues estas medidas de desempeño también presentan focos teóricos y financieros que se requiere analizar dado a que éstos están determinados bajo parámetros de media-varianza; adicional, también es importante lograr determinar si estos índices presentan un mismo desempeño en la selección de activos en el mercado accionario colombiano comparados a las medidas de Omega y Sharpe.

Para descargar la serie de datos histórica con la cual se modelarán los índices de desempeño se utilizó Bloomberg (Ver anexo 1), previo a la descarga de los precios de las acciones se consultaron las empresas que conforman el índice bursátil colombiano, estos fueron los tickers seleccionados (Ver Ilustración 4):



#### Ilustración 4

Instrumento	Descripción
CELSIA CB Equity	Celsia SA
CEMARGOS CB Equity	Cementos Argos SA
PFBCOLO CB Equity	Bancolombia SA
GRUPOSUR CB Equity	Grupo de Inversiones Suramericana SA
ISA CB Equity	Interconexion Electrica SA ESP
CLH CB Equity	CEMEX Latam Holdings SA
BCOLO CB Equity	Bancolombia SA
PFGRUPSU CB Equity	Grupo de Inversiones Suramericana SA
GEB CB Equity	Grupo Energia Bogota SA ESP
PFCEMARG CB Equity	Cementos Argos SA
PFAVAL CB Equity	Grupo Aval Acciones y Valores SA
CORFICOL CB Equity	Corp Financiera Colombiana SA
PROMIG CB Equity	Promigas SA ESP
PFGRUPOA CB Equity	Grupo Argos SA
PFDAVVND CB Equity	Banco Davivienda SA
CNEC CB Equity	Canacol Energy Ltd
MINEROS CB Equity	Mineros SA
EXITO CB Equity	Almacenes Exito SA
BOGOTA CB Equity	Banco de Bogota SA
ECOPETL CB Equity	Ecopetrol SA
GRUPOARG CB Equity	Grupo Argos SA
NUTRESA CB Equity	Grupo Nutresa SA
BVC CB Equity	Bolsa de Valores de Colombia
PFAVH CB Equity	Avianca Holdings SA

Elaboración Propia

Pese a que el sistema de información financiera de Bloomberg permite clasificar las empresas por tipo de industrias, hay muy pocos emisores y estos están concentrados en industrias específicas como los son materias primas y sector financiero, por tal motivo se prefirió realizar el análisis técnico por cada activo individual.

El panel de tiempo seleccionado para descargar la serie histórica de información fue de seis años y medio, entre 10/05/2013 al 31/12/2019. Los datos fueron tomados de manera diaria.

La moneda seleccionada de los activos es la que reporta la plataforma financiera. Se verificó que las empresas que actualmente hacen parte de la canasta del *COLCAP* presentaran uniformidad en los datos y que estas empresas contaran con la información histórica dentro del índice bursátil durante el periodo a analizar.

En términos de consistencia, *Omega*, *Sharpe* y los indicadores de desempeño adicionales utilizarán una tasa de referencia para medir el valor esperado del exceso de rendimiento de inversión comparado con el retorno de la inversión de referencia, en el caso de *Sharpe*, *Treynor*, *Alfa de Jensen* e *Information Ratio* el valor de referencia es la tasa libre de riesgo ( $R_f$ ) y para *Omega* y *Sortino* es la tasa de rendimiento mínima aceptable (*MARR*); es por eso, que para la aplicación práctica de ambas medidas de desempeño se usó una tasa del 3,5% EA convertida a tasa diaria, correspondiente a la periodicidad de la serie de precios de las acciones. La ecuación para transformar la tasa de en términos diaria fue:  $((1+Tasa)^{(1/365)}-1)$ . La tasa de referencia elegida corresponde a una tasa contigua a la inflación de Colombia, sin embargo, la teoría explica que la determinación de dicha tasa está sujeta a libre elección por el analista de la información, pues esta se entiende como una tasa esperada de un retorno o una tasa comparativa sobre el que se quisiera confrontar el comportamiento de una variable aleatoria.

Antes de realizar los modelamientos sobre los índices de desempeño se utilizó software *Eviews* para graficar el histograma y los gráficos de *Quartil-Quartil* para cada uno de los retornos de las acciones calculados logarítmicamente.

*Omega* es nombrado en literatura como una medida de desempeño que puede ser expresada en términos de momentos parciales inferiores, de distribución acumulada de los retornos o como un cociente de opciones, dado a lo anterior, para la sistematización de *Omega Ratio* decidimos apoyarnos a partir de la función proporcionada por Matlab *Lower Partial Moments* (*LPM*, por sus siglas en inglés) debido a que *Omega* se categoriza por ser una medida

de desempeño basada en momentos parciales inferiores.

*LPM* mide el riesgo considerando solo las desviaciones que caen por debajo del umbral o tasa mínima aceptada definida previamente. De acuerdo con Wiesinger (2010) una ventaja de medir el riesgo con *LPM* es que no se necesitan suposiciones paramétricas (Media y Desviación estándar) y que no hay restricciones en la forma de la distribución subyacente (Keating y Shadwick, 2002).

La formula de LMP se define como la siguiente integral:

$$LPM_n(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} (\tau - R)^n dF(R)$$

Esta ecuación aparte de modelar los momentos de retornos de activos que caen por debajo de cierto nivel mínimo aceptable de retorno, también podemos calcular los momentos por encima del umbral, a esta metodología se le conoce como *Higher partial moments* o por sus siglas en ingles *HPM*. Para la aplicación de Omega solo se usará *LPM* pues como se ha indicado con anterioridad Omega es un índice que puede ser expresado en momentos parciales inferiores. De acuerdo con Kaplan y Knowles (2004), un *LPM* de orden m se puede estimar a partir de una muestra de n retornos utilizando la fórmula para observaciones discretas presentada a continuación:

$$LPM_n(\tau) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \max[\tau - R_t, 0]^n$$

Donde  $R_t$  es una realización de retorno única y  $T$  es el umbral o Retorno mínimo aceptable (*MARR*).

Debido al nivel de complejidad de su estructura matemática y ante la deficiencia que presenta *Excel* ante la modelación compleja de ecuaciones y distribuciones, fue necesario

utilizar un software más robusto que permitiera analizar datos y desarrollar algoritmos. Así, se utilizó *MATLAB* pues esta herramienta computacional aparte de ser potente, cuenta con una fusión integrada para el cálculo del *LPM* hallando las siguientes propuestas:

1. OMEGA RATIO =  $LPM(-Data, -MAR, 1) / lpm(Data, MAR, 1)$
2. SORTINO RATIO =  $(\text{mean}(Data) - MAR) / \text{sqrt}(lpm(Data, MAR, 2))$
3. UPSIDE POTENTIAL RATIO =  $lpm(-Data, -MAR, 1) / \text{sqrt}(lpm(Data, MAR, 2))$

A través de las ecuaciones anteriores se puede determinar el Omega de una distribución dado un conjunto de probabilidades y el valor que puede tomar el índice de desempeño; El anexo 2, muestra como Omega puede tomar valores entre 0 e infinito  $[0, \infty]$ , cuando Omega toma el valor de 1, las probabilidades de tener valores tanto positivos como negativos es de un 50/50. La razón por la cual se deben calcular los momentos parciales menores es que los riesgos para el inversionista es la pérdida a la cual está expuesto y no a las ganancias, es decir, el riesgo debe entenderse como la probabilidad de pérdida.

Una vez obtenida la base de información se importaron los datos desde *MATLAB* a través del comando “*xlsread*” el cual hace que los datos se carguen desde un Excel. Una vez seleccionada la información se procedió a crear un “*scrip*” donde se ha parametrizado las funcionalidades del cálculo de las tres medidas de desempeño (Omega, Sortino y Sharpe) sobre cada activo incorporado (Ver anexo 3); Se debe aclarar que Sharpe y Sortino también se modelaron bajo la herramienta ofimática *Excel* cuyo fin es determinar que tan consistente es la información generada por *Matlab* en comparación a la que se calculó empíricamente bajo los supuestos teóricos de portafolio de cada medida. Treynor, Información Ratio y Alfa de Jensen se modelaron en *Excel*.

Por último, se comparó la relación (retorno-riesgo) de cada uno de las acciones que indica el exceso de rendimiento por unidad de riesgo de una inversión, lo cual ayudará a determinar qué medida de optimización selecciona a un activo y no a otro bajo el concepto de dominancia (media-volatilidad); desde el punto de vista de riesgo, se trata simplemente de la probabilidad de tener realizaciones por debajo del umbral mínimo de referencia.

En consecuencia con lo anterior, estos son los resultados obtenidos en la aplicación teórica sobre los datos de precios de las acciones; para organizar la tabla de resultados, en el caso de *Omega*, se tomaron los activos que tuvieron un valor  $\geq 1$ , lo que sería igual a tener por lo menos el 50% de probabilidad de tener valor superiores al umbral *MARR* fijado, y para el caso de *Sharpe*, *Treynor*, *Information ratio*, *Sortino* y *Alfa de Jensen* se tomaron los valores de mayor a menor.

Una manera de evaluar los cuatro primeros momentos de la distribución de los retornos para cada una de las acciones que componen el COLCAP y que nos permite identificar la forma en que se separan o aglomeran los valores de acuerdo a su representación gráfica es por medio de los coeficientes de asimetría y curtosis. En la ilustración 5 muestra la distribución de los retornos de PFAVH CB Equity el cual representa un estadístico de asimetría positivo (1.30062) valor superior en comparación a las demás acciones, lo que indica que la distribución de los retornos está sesgada hacia el lado derecho del eje de asimetría, es decir, retornos positivos, además, si se observa el estadístico de curtosis de este mismo instrumentos podemos determinar que esta acción presenta una curva leptocúrtica, es decir presenta una gran concentración de valores sobre la región central de la distribución.

CELSIA CB Equity, BVC CB Equity y PFAVH CB Equity pese a presentar estadísticos de asimetría positivos, la media de los retornos es negativa, es decir estas acciones presentan valores mucho más extremos que los valores de la media.

### *Ilustración 5*

Acciones	Media Mensual	Desv. Std Mensual	Asimetría	Curtosis
ISA CB Equity	0,00050	0,01539	- 0,26401	7,34070
PFDVVND CB Equity	0,00036	0,01391	- 0,51934	6,59372
PROMIG CB Equity	0,00036	0,01464	- 0,47421	34,83011
GEB CB Equity	0,00027	0,01107	0,16308	9,71139
CNEC CB Equity	0,00050	0,02815	0,86725	22,39530
PFBCOLO CB Equity	0,00026	0,01350	0,05213	4,94250
BCOLO CB Equity	0,00025	0,01457	- 0,01448	4,84615
BOGOTA CB Equity	0,00015	0,01224	- 0,38248	9,40686
CORFICOL CB Equity	0,00008	0,01284	- 1,09608	20,13595
PFAVAL CB Equity	0,00008	0,01193	- 0,04443	8,14907
NUTRESA CB Equity	0,00000	0,01024	0,07246	5,49390
CEMARGOS CB Equity	- 0,00004	0,01502	- 0,41275	6,57762
MINEROS CB Equity	- 0,00009	0,01731	- 0,48376	10,18025
ECOPETL CB Equity	- 0,00013	0,01942	- 0,12558	6,79816
GRUPOARG CB Equity	- 0,00008	0,01513	- 0,12246	6,45129
CELSIA CB Equity	- 0,00007	0,01370	0,30475	9,08481
GRUPOSUR CB Equity	- 0,00006	0,01240	- 0,21594	6,13671
BVC CB Equity	- 0,00013	0,01368	0,00384	10,10843
PFCEMARG CB Equity	- 0,00018	0,01475	- 0,40369	8,93847
PFGRUPSU CB Equity	- 0,00016	0,01306	- 0,36533	6,30275
PFGRUPOA CB Equity	- 0,00023	0,01592	- 0,36710	5,24947
PFAVH CB Equity	- 0,00047	0,02368	1,30062	20,82797
EXITO CB Equity	- 0,00041	0,01626	- 0,08216	11,39775
CLH CB Equity	- 0,00062	0,01988	- 1,22061	20,23245

Elaboración Propia

En los resultados obtenidos en la ilustración 6, para un inversionista que utiliza Sharpe como medida de desempeño para seleccionar instrumentos financieros sería la acción ISA CB Equity (0,02656) pues ésta ranquea como el mejor instrumento sobre el restante de activos, también se puede comprobar que la relación dominancia (Media/Des.Sts) es superior en comparación al restante de las acciones. En el caso de Omega, si un inversionista se inclina por esta ratio, la elección sería PROMIG CB Equity (1,11100) debido a que éste presenta un resultado mayor a comparación al resto de las 23 acciones; en particular esta acción tiene una mayor probabilidad de entregar rendimientos superiores a las demás acciones estudiadas. Omega también ranquea a ISA CB Equity (1,08120) como la segunda acción más representativa

en términos de Omega pese al hecho que esta acción presenta un mejor retorno mensual a diferencia de la acción ranqueada como la mejor de todas; lo anterior tiene sentido debido a que Omega al ser expresado en términos de momentos parciales inferiores tiene presente los 4 momentos de la distribución de los retornos, que para este caso PROMIG CB Equity presenta una mayor asimetría (-0.47421) es decir, presenta mayores rendimientos negativos en comparación a la acción de ISA CB Equity (-0,26501).

Los activos que fueron ranqueados tanto por Sharpe como por Omega entre la posición 11 y la posición 21 no presentaron en términos generales alguna dispersión entre las selecciones por las dos medidas de desempeño. Cabe resaltar que, estas acciones presentan rentabilidades negativas y por ende deberían descartarse dentro de la selección de activos, así como también, no deberían seleccionarse  $\Omega < 1$  resultantes del calculo de Omega con MARR. Por otro lado, las opciones menos favorables para un inversionista serias las acciones CLH CB Equity, ÉXITO CB Equity y PFAVH CB Equity para cualquier inversionista que se incline por alguna de las dos medidas de desempeño.

**Ilustración 6**

Acciones	Media Mensual	Desv. Std Mensual	Dominancia Anual	Sharpe	Rank	Omega	Rank
ISA CB Equity	0,00050	0,01539	0,68526	0,02656	1	1,08120	2
PFDVVND CB Equity	0,00036	0,01391	0,53444	0,01939	2	1,05760	3
PROMIG CB Equity	0,00036	0,01464	0,49879	0,01801	3	1,11100	1
GEB CB Equity	0,00027	0,01107	0,49414	0,01609	4	1,05240	4
CNEC CB Equity	0,00050	0,02815	0,37225	0,01442	5	1,04700	5
PFBCOLO CB Equity	0,00026	0,01350	0,39017	0,01248	6	1,03500	6
BCOLO CB Equity	0,00025	0,01457	0,34953	0,01099	7	1,03140	7
BOGOTA CB Equity	0,00015	0,01224	0,24863	0,00495	8	1,01660	8
CORFICOL CB Equity	0,00008	0,01284	0,12225	-0,00104	9	0,99680	9
PFAVAL CB Equity	0,00008	0,01193	0,13078	-0,00115	10	0,99660	10
NUTRESA CB Equity	0,00000	0,01024	0,00425	-0,00898	11	0,97420	11
PFAVH CB Equity	-0,00047	0,02368	-0,34892	-0,02385	22	0,92700	22
EXITO CB Equity	-0,00041	0,01626	-0,44665	-0,03096	23	0,90620	23
CLH CB Equity	-0,00062	0,01988	-0,53569	-0,03608	24	0,89540	24

Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados arrojados en la tabla de ilustración 7, se puede observar que Treynor selecciona la acción de PROMIG CB Equity (0,00333) como el mejor instrumento para invertir, este indicador lo hace al igual que Omega. Llama la atención que la segunda opción más interesante para el inversionista por parte de Treynor es CNEC CB Equity con un indicador de (0,00236) pues este ocupa la posición número 5 para Omega como para Sharpe lo cual tiene sentido, recordemos que el índice Treynor castiga el exceso de rendimiento ( $R_p - R_f$ ) sobre el coeficiente Beta y particularmente esta acción seleccionada tiene  $\beta$  de (0.17189) el cual resulta ser menor al beta la acción mejor ranqueada por Sharpe (ISA CB Equity; 0.18308).

Otro análisis que se puede deducir de la tabla de información corresponde a que tanto Información Ratio, Sortino presentan la misma elección de activos que Sharpe tanto como los mejores como los que menor son atractivos para el inversionista; torna interesante esta deducción dado a que por el lado de Sharpe solo emplea la desviación estándar de los retornos como el riesgo individual del activo



y por su parte Sortino emplea una metodología Downside Risk exclusivamente con los retornos por debajo al umbral o MARR específica.

Otra conclusión interesante para el inversionista, se relaciona con la similitud que presentan todas las medidas de desempeño al momento de definir cuáles son los activos menos atractivos y que deberían no seleccionarse para inversiones futuras. Lo anterior se puede deducir a que, por un lado, deja de ser interesante un instrumento financiero que presente rentabilidades negativas y que este a su vez presente mayores volatilidades en comparación a los activos que generan rentabilidades positivas con menos desviación estándar (Ver ilustración 5). Y finalmente, solo 8 acciones de las 24 que conforman el índice bursátil COLCAP presentan mejores resultados en cuanto sus estadísticos y como la dominancia que existe entre el exceso de los retornos y el riesgo.

### Ilustración 7

Acciones	$\beta$	MARR	Sharpe	Rank	Omega	Rank	Treynor	Rank	Alpha	Rank	Information	Rank	Sortino	Rank
ISA CB Equity	0,18308	0,03500	0,02656	1	1,08120	2	0,00223	3	0,00043	1	0,02786	1	0,03729	1
PFDVVND CB Equity	0,18567	0,03500	0,01939	2	1,05760	3	0,00145	6	0,00029	3	0,02082	2	0,02659	2
PROMIG CB Equity	0,07916	0,03500	0,01801	3	1,11100	1	0,00333	1	0,00027	4	0,01856	3	0,02578	3
GEB CB Equity	0,14020	0,03500	0,01609	4	1,05240	4	0,00127	7	0,00019	5	0,01743	4	0,02335	4
CNEC CB Equity	0,17189	0,03500	0,01442	5	1,04700	5	0,00236	2	0,00042	2	0,01504	5	0,02133	5
PFBCOLO CB Equity	0,07939	0,03500	0,01248	6	1,03500	6	0,00212	4	0,00018	6	0,01307	6	0,01794	6
BCOLO CB Equity	0,09677	0,03500	0,01099	7	1,03140	7	0,00165	5	0,00017	7	0,01166	7	0,01565	7
BOGOTA CB Equity	0,14871	0,03500	0,00495	8	1,01660	8	0,00041	8	0,00008	8	0,00618	8	0,00687	8
CORFICOL CB Equity	0,11996	0,03500	-0,00104	9	0,99680	9	-0,00011	10	-0,00000	10	0,00012	10	-0,00141	9
PFAVAL CB Equity	0,14364	0,03500	-0,00115	10	0,99660	10	-0,00010	9	0,00000	9	0,00003	9	-0,00161	10
PFAVH CB Equity	0,23832	0,03500	-0,02385	22	0,92700	22	-0,00237	21	-0,00054	23	0,02294	22	-0,03519	22
EXITO CB Equity	0,17903	0,03500	-0,03096	23	0,90620	23	-0,00281	23	-0,00049	22	0,03000	23	-0,04219	23
CLH CB Equity	0,18127	0,03500	-0,03608	24	0,89540	24	-0,00396	24	-0,00070	24	0,03528	24	-0,04746	24

Elaboración Propia

## Conclusiones

1. Los retornos de las acciones que componen el índice bursátil COLCAP no presentan distribuciones de normalidad, por lo cual, la utilización de índices de desempeño basadas en Downside Risk and Higher Moments es fundamental tanto en la selección como el ranqueo de activos de inversión pues como se presentó en la ilustración 5, todas las acciones analizadas presentan problemas de tercer y cuarto momento.

Como sustento de consistencia, se empleó el test de *Jarque- Bera*, rechazando la hipótesis nula planteada de que los retornos de los activos seleccionados no presentan distribuciones normales (*Ver Anexo 4*). Adicional, se empleó el gráfico de cuartiles para sobre los rendimientos evaluados de cada instrumento para demostrar que estos no siguen una distribución normal, sino que también, las series presentan valores extremos (*Ver Anexo 5*).

2. Incorporar la tasa de rendimiento mínima aceptable influye directamente sobre la medida de *Omega* ya que ésta refleja la probabilidad de que la variable evaluada obtenga valores por encima del *MARR* vs la probabilidad de obtener valores inferiores. *En un caso hipotético, si se supone un MARR de -10% y un MARR de +10%, la probabilidad que la variable obtenga valores por encima de -10% será distinta a la probabilidad de obtener valores por encima de +10%. En consecuencia, el activo con mayor Omega tiene mayor probabilidad de obtener valores por encima del MARR que el activo con menor Omega, sin importar el valor mínimo aceptado a partir del cual se determine la probabilidad de obtener valores superiores. En resumen, se logró concluir que asignar un valor de referencia no influye en la clasificación de los activos, en el caso que se busque organizar y seleccionar el mejor entre ellos.*

3. Uno de los aportes principales que arroja este trabajo de tesis es que, de acuerdo con los resultados arrojados por el modelo, *Omega Ratio* resulta ser una medida consistente, sin embargo, el máximo Omega no implica que el valor esperado de la variable sea positivo o superior a los demás activos que se evaluaron y compararon (Sharpe, Sortino, Información Ratio, Alfa de Jensen y Treynor).
4. Desde el punto de vista dada la teoría “a mayor riesgo mayor rentabilidad”, se pudo observar que al aplicar la relación riesgo retorno, la aplicación del índice *Omega* muestra un mejor desempeño que el presentado por el índice *Sharpe*, debido a que por un lado *Sharpe* utiliza el supuesto de normalidad mientras que *Omega* recoge la distribución acumulada real de los retornos incluyendo la selección de activos con sesgos negativos.
5. De acuerdo a los resultados, se considera apropiado que el inversionista emplee la utilización de Omega Ratio como medida de selección de activos, pues esta medida desde el punto de vista teórico no sólo es más robusta, sino que también tiene una probabilidad de entregar rendimientos sobre el umbral o tasa de retorno mínima aceptable.
6. Pese a las diferentes formas teóricas que abordan los distintos indicadores de desempeño, en general, la selección que realiza cada uno de éstas es muy parecido a la que realiza otra medida, pues de acuerdo a la percepción que tenga el inversionista se debería elegir el instrumento que mejor confiabilidad, si un inversor busca mejores retornos ante el menor coeficiente Beta debería elegir un coeficiente como Treynor o si un inversor busca maximizar sus ingresos dado al riesgo individual de un portafolio debería elegir Sharpe o si un inversionista requiere seleccionar instrumentos con problemas de asimetría y curtosis debería elegir una medida que plantee riesgo a la baja y momentos superiores.

## **Extensiones**

1. Una posible extensión es aplicar estas mismas medidas de desempeño a mercados financieros totalmente desarrollados.
2. Debido a que el periodo analizado de las series de datos en presentó rentabilidades negativas para el 54% de las acciones, sería interesante hacer la aplicabilidad de esta tesis sobre un periodo donde el precio de las acciones hubiese generado rendimientos positivos.

## Referencias

- Arbeláez, M. A., Guerra, M. L., Zuluaga, S., & Velasco, A. (2002). "El mercado de capitales colombiano en los noventa y las firmas comisionistas de bolsa". Bogotá: Alfaomega S.A.
- Balder, S. y Schweizer, N. (2017). Risk aversion vs. the Omega ratio: Consistency results. *Finance Research Letters*, 21, 78-84.
- Black, F., & Litterman, R. (1992). "Global Portfolio Optimization". *Financial Analysts Journal*, 48(5), 28-43.
- Kaplan, P. D. y Knowles, J. A. (2004). Kappa: A generalized downside riskadjusted performance measure. *Journal of Performance Measurement*, 8(3), 42- 54.
- Keating, C., & Shadwick, W. (2002). A Universal Performance Measure. THE FINANCE DEVELOPMENT CENTRE.
- Klar, B. y Muller, A. (2017). On consistency of the omega ratio with stochastic dominance rules. SSRN, 2988951.
- Le Sourd, V. (2007, January). Performance Measurement for Traditional Investments. EDHEC RISK AND ASSET MANAGEMENT RESEARCH CENTRE.

- Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection". *The Journal of Finance*, 77(1), 77-91.
- Ojeda Echeverri, C. A. (2012). "Una prueba de la eficiencia débil en el mercado accionario colombiano". Una prueba de la eficiencia débil en el mercado accionario colombiano. Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Pástor, L. (2000). "Portfolio Selection and Asset Pricing Models". *The Journal of Finance*, 55(1), 179-223.
- P. Artzner, F. Delbaen, J.-M. Eber, y D. Heath, "Coherent measures of risk," ETH Zürich, Working Paper, 1998.
- Sharpe, W. F. (2000). "Portfolio theory & capital market". En W. Sharpe, *Portfolio theory & capital market* (págs. 30-37). New York: McGraw-Hill.
- S. Ross. "The arbitrage theory of capital asset pricing" *Journal of Economic Theory*. vol. 13, p. 341, 1976.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2016). Informe de actualidad del sistema financiero colombiano. Bogotá. Recuperado el 31 de Agosto de 2016, de <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=10087358>.

W. F. Sharpe, "Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk,  
The Journal of Finance, vol. 19, p. 442, 1964.

W.-G. Zhang, W.-L. Xiao, y Y.-L. Wang, "A fuzzy portafolio selection method based on  
possibilistic mean and variance," Soft Cutiomp, vol. 33, p. 633, 2008.

Wiesinger, A. (2010). Risk-adjusted performance measurement: State of the art (Bachelor  
thesis). University of St. Gallen, School of Business Administration, Economics, Law  
and Social Sciences (HSG), St. Gallen, Switzerland.

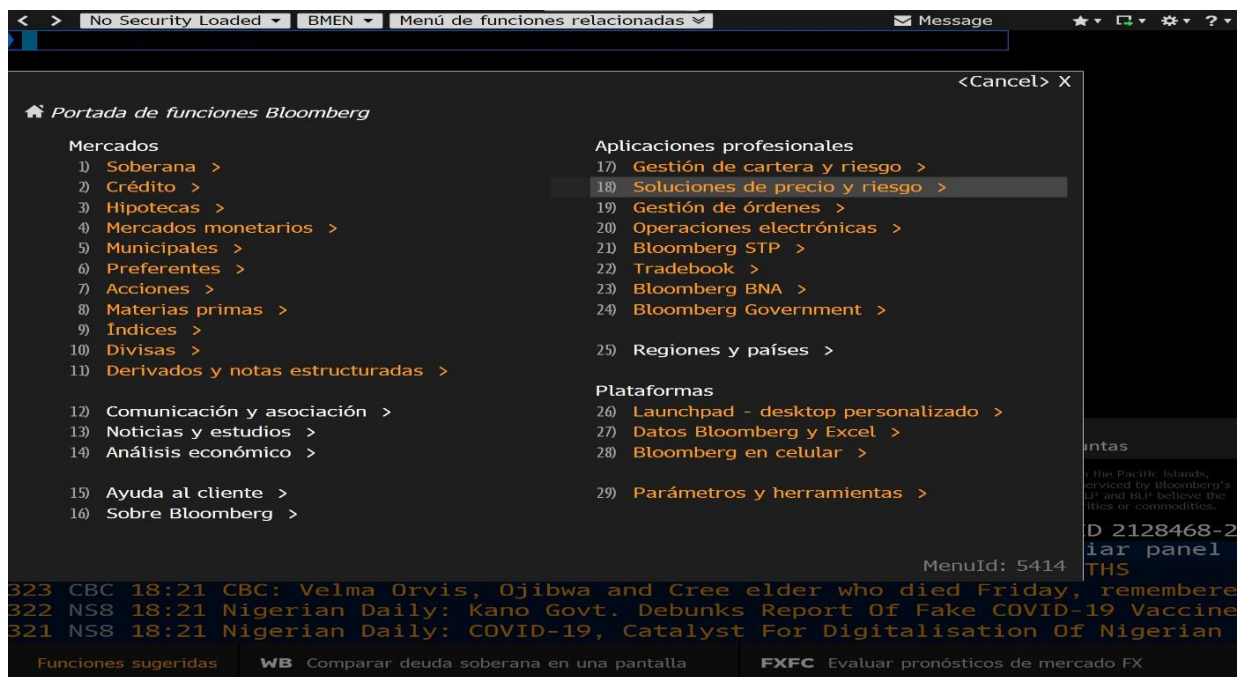
Williams, J. B. (1938). "The Theory of Investment Value". Harvard University Press.

## Anexos

### Anexo 1

A continuación, se anexa el procedimiento utilizado para la descarga de las 24 acciones que componen del índice bursátil colombiano, *COLCAP*.

Una vez ingresado al software *Bloomberg* con los usuarios que la Universidad provee a sus estudiantes, se ingresó con la función “Main” para ver el módulo de Acciones (7).

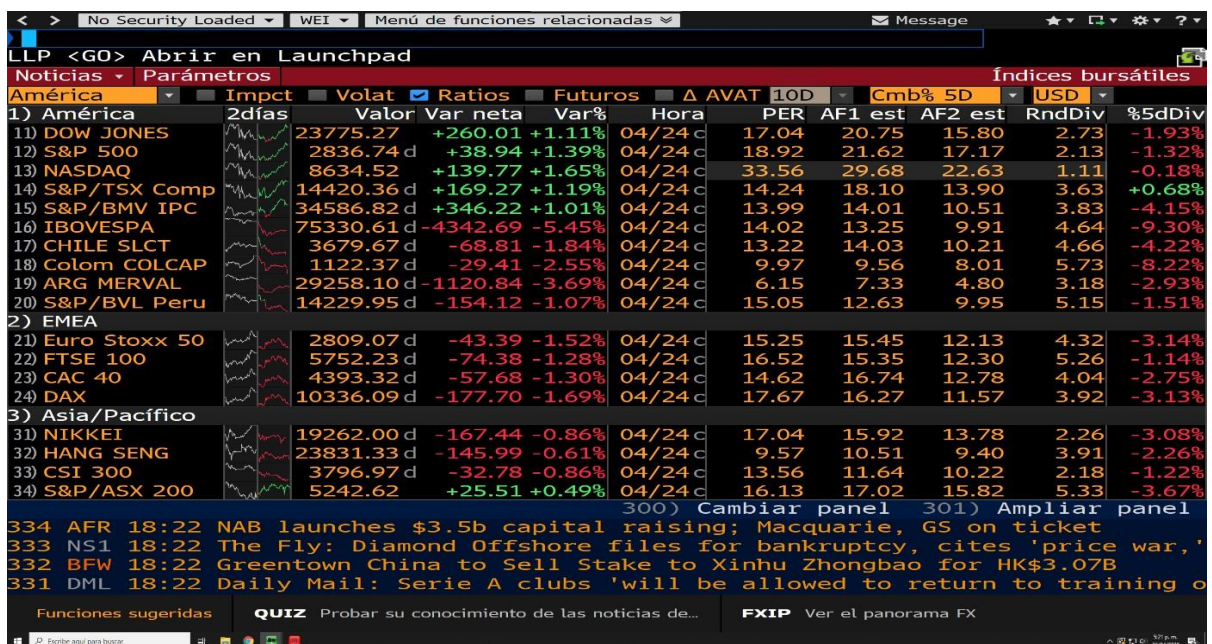


Después de haber ingresado al menú de acciones, se utilizó la función “WEP” para consultar los principales índices bursátiles del mundo.

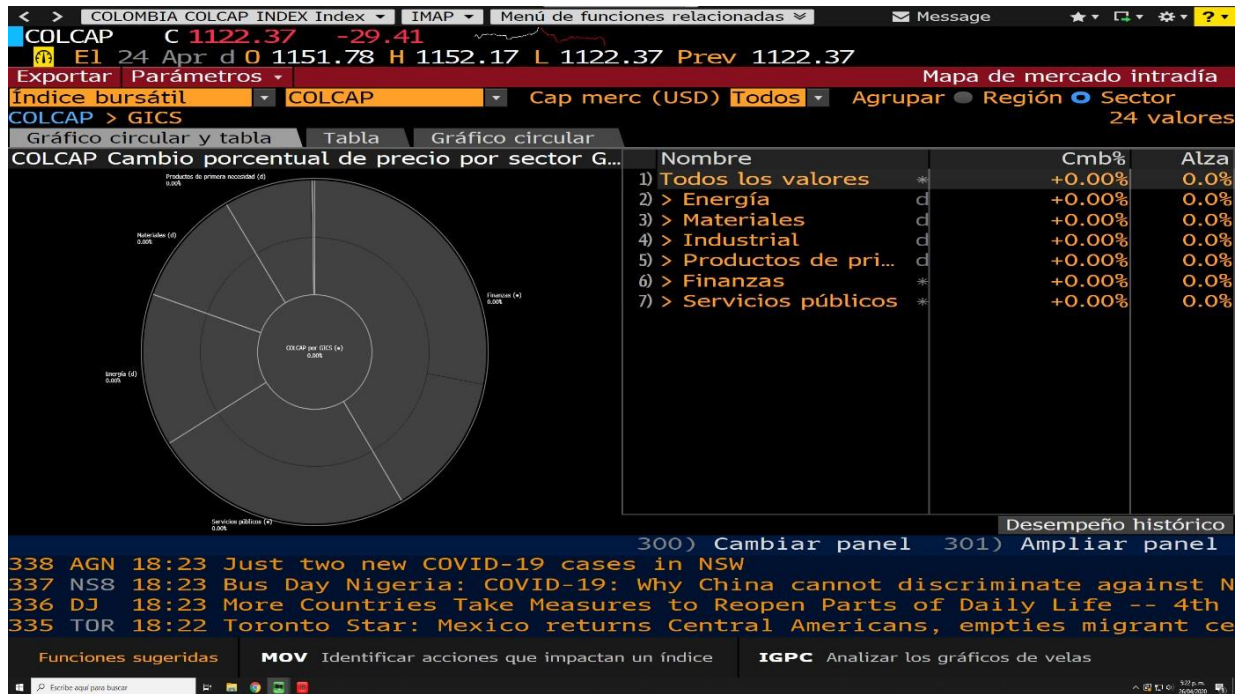




Dado a que el estudio de esta tesis se fundamenta sobre el mercado de renta variable en Colombia, se procedió a ingresar sobre la opción (18).



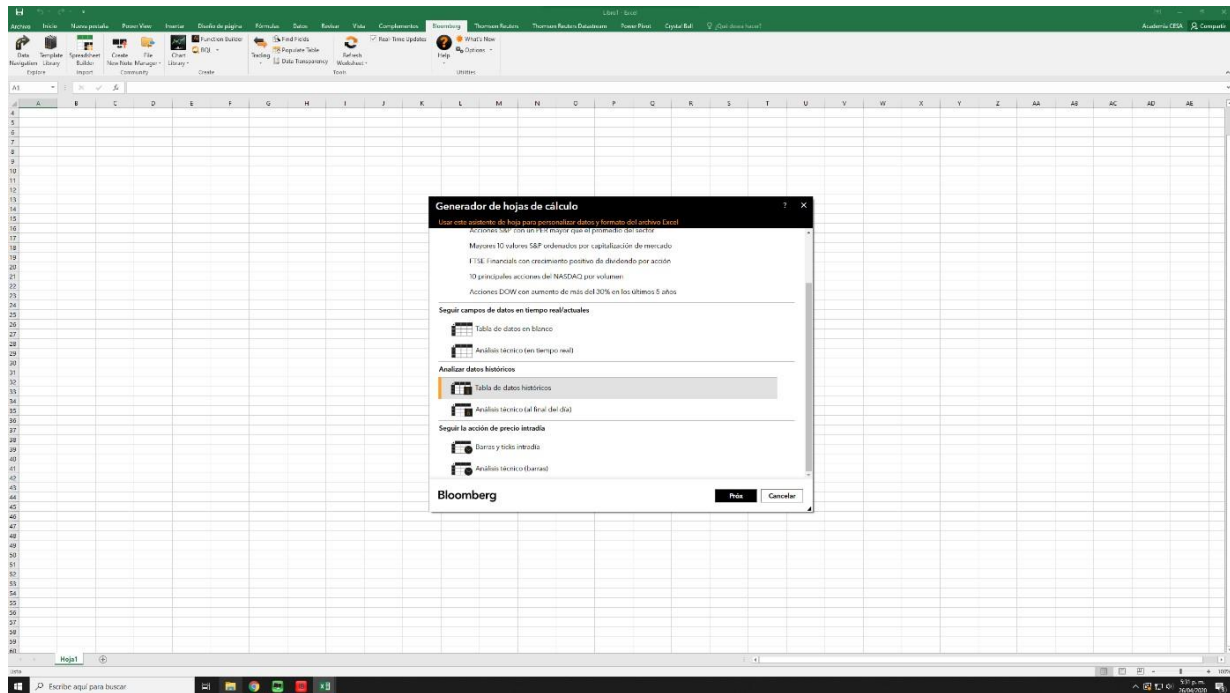
Antes de realizar la descarga de información sobre el complemento que provee la herramienta en Excel, es necesario conocer qué información podemos utilizar y qué emisores componen el índice bursátil. Se da clic sobre la opción (1).



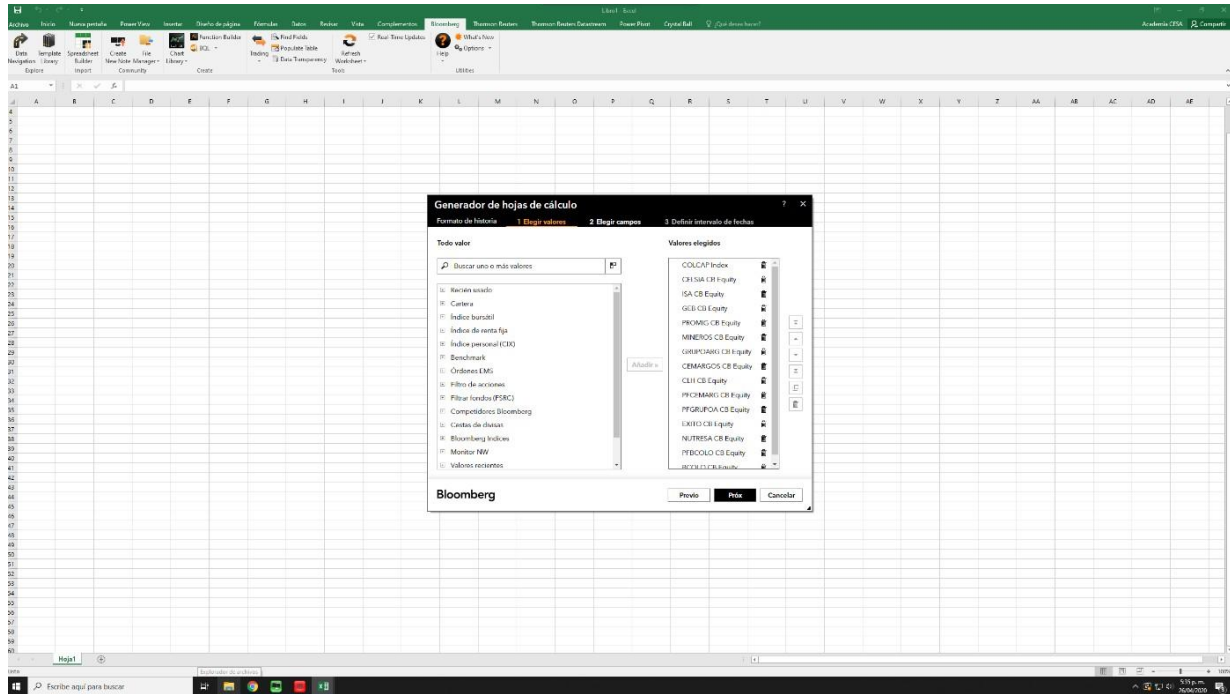
Se logra ver el detalle de las empresas con sus respectivos componentes técnicos.

Ticker	Cmb ne...	Cmb%	Pt índ	Últ prc	Máx-Mín 52 sem	Volumen	Cap me...	Pond
1) BCOLO CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+23040	+17317 +44515	205.1k	2.91B	5.11%
2) ISA CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+18300	+11000 +20880	626.59k	5.01B	11.80%
3) CEMARGO:CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+3700.00	+2415.00 +8110.00	317.97k	1.05B	2.58%
4) PFAVAL CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+820.00	+700.00 +1515.00	14.03M	1.44B	4.65%
5) MINEROS CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+3080.00	+2170.00 +3565.00	124.89k	199.38M	0.46%
6) PFGRUPO:CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+8480.00	+5500.00 +15560	24.03k	444.35M	2.51%
7) PROMIG CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+7000.00	+5830.10 +8342.73	2.3k	1.97B	1.69%
8) CORFICOLCB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+25800	+19600 +33820	41.86k	1.8B	3.10%
9) NUTRESA CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+23100	+16800 +26940	280.79k	2.63B	8.01%
10) BVC CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+9030.00	+8000.00 +12600	30.66k	135.17M	0.27%
11) ECOPETL CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+1910.00	+1300.00 +3495.00	6.92M	19.43B	12.89%
12) GEB CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+2270.00	+1745.00 +2600.00	517.42k	5.16B	9.16%
13) PFCEMAR:CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+3320.00	+2220.00 +7000.00	68.18k	171.81M	0.98%
14) GRUPOAR CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+9110.00	+7000.00 +18980	326.09k	1.45B	3.88%
15) GRUPOSUCB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+21360	+14900 +36460	373.08k	2.48B	7.23%
16) CNEC CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+10300	+7810.00 +13000	149.73k	461.15M	1.19%
17) CELSTIA CB d	+0.00	+0.00%	+0.00	+4300.00	+3450.00 +4850.00	247.78k	1.14B	3.08%

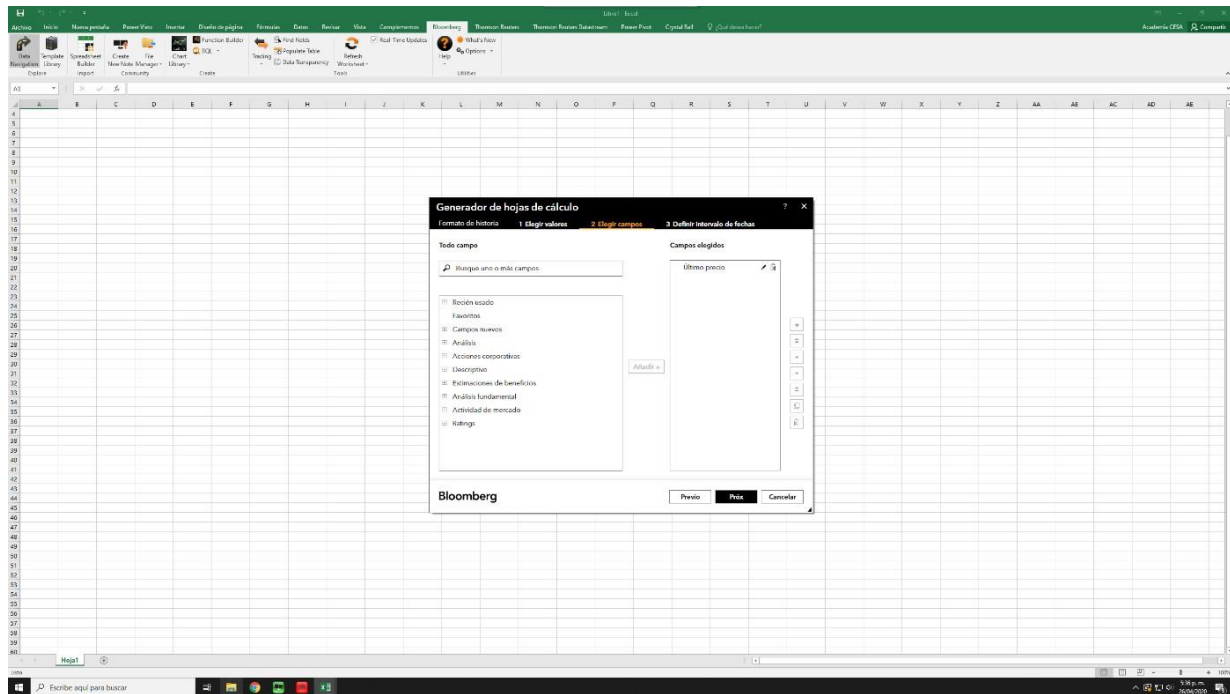
Con la ayuda de Excel, se utilizó la función “Spreadsheet builder” que se encuentra en la barra de opciones y se procedió a utilizar la opción (Analizar datos históricos).



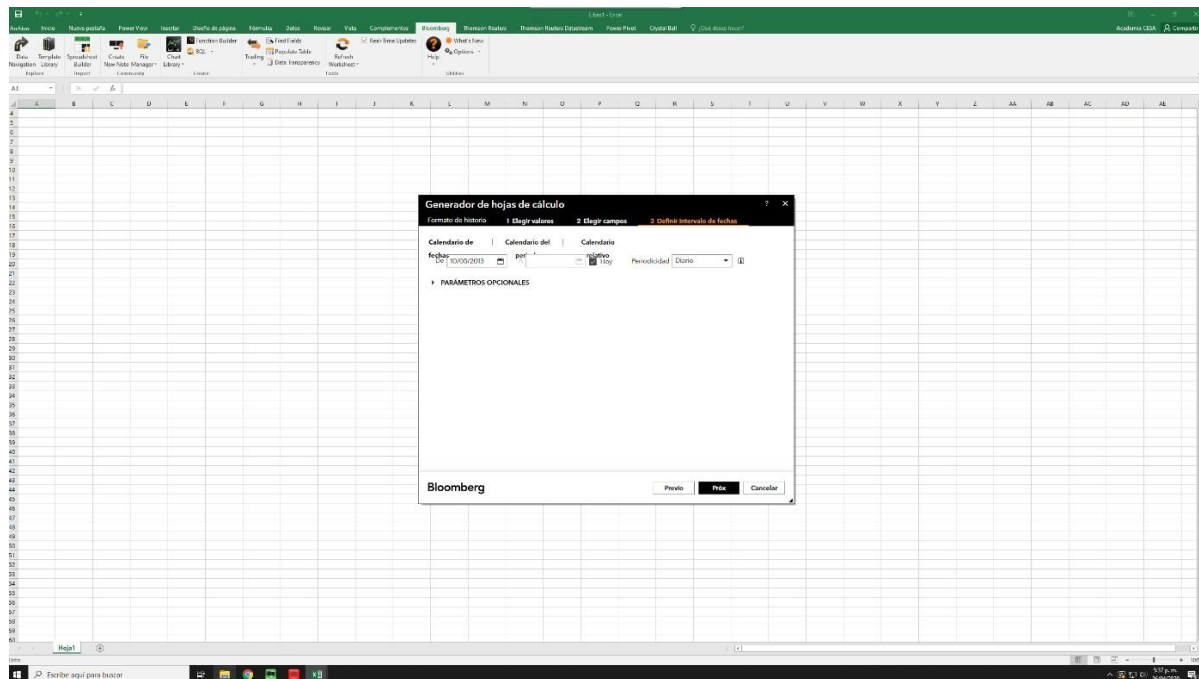
Dentro de la ventana en la cinta de búsqueda, se colocaron los tickers de las empresas que componen el *COLCAP*, de ahí la importancia de realizar la consulta previa en *Bloomberg*.



Con la función “Last\_price” se logra devolver los precios de las acciones seleccionadas en el paso anterior.



Por último, se selecciona el rango específico para la generación de la serie de datos histórica.



## Anexo 2

Comportamiento de Omega Ratio ante la probabilidad de obtener valores por encima del umbral MARR (*Minimum Acceptable Rate of Return*).

### Ilustración 8

#### Probabilidad de valores por encima del umbral Omega Ratio

Probabilidad Valores Negativos	Probabilidad Valores Positivos	Omega (V.Positivos/ V.Negativos)
100%	0%	0,000
95%	5%	0,053
90%	10%	0,111
85%	15%	0,176
80%	20%	0,250
75%	25%	0,333
70%	30%	0,429
65%	35%	0,538
60%	40%	0,667
55%	45%	0,818
50%	50%	1,000
45%	55%	1,222
40%	60%	1,500
35%	65%	1,857
30%	70%	2,333
25%	75%	3,000
20%	80%	4,000
15%	85%	5,667
10%	90%	9,000
5%	95%	19,000
0%	100%	99999,000

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3

Se utilizó el siguiente código para la modelación de Omega y Sharpe Ratio. Se aclara que la modelación fue adaptada, en este caso, bajo el código original encontrado en <https://la.mathworks.com/>.

```
% APLICACIÓN DE SHARPE Y OMEGA RATIO PARA LA SELECCIÓN DE ACTIVOS EN EL  
MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO %
```

```
%Se utiliza la tasa anual - Tasa libre de riesgo%
```

```
Rfannual = 0.035;
```

```
%Se convierte la tasa libre de Riesgo en términos mensuales%
```

```
Rfmes = ((Rfannual+1)^(1/365))-1;
```

```
%Se utiliza la tasa anual - Tasa Mínima Requerida Aceptada%
```

```
MARRannual = 0.035;
```

```
%Se convierte la tasa libre de Riesgo en términos mensuales%
```

```
MARRmes = ((MARRannual+1)^(1/365))-1;
```

```
%Exporta la base de información y nombra variables%
```

```
[num, txt, raw] = xlsread ('Tesis Bloomberg.xlsx');
```

```
%Trae todos los precios de las acciones%
```

```
num( 1:end, 1:end );
```

```
%Trae los títulos de las acciones%
```

```
txt(1,2:end);
```

```
%Trae toda la información de la base de acciones%
```

```

raw(:,:);

%Nombra la variable Precios de las acciones%

Precios =(num);

%Nombra la variable Retornos - Crea los retornos de las acciones%

Retornos = price2ret(Precios);

%Nombra la variable Títulos de las acciones%

Titulo = (txt(1,2:end));

%Nombra la variable Dim - Cuenta el número de columnas para el cálculo de

%todas acciones%

Dim = length(Retornos(1,:));

%Nombra la variable Mean1 - Calcula la media de la variable Retornos%

Mean1 = zeros(1,length(txt(1,2:end)));

for k=1:Dim

    Mean1(1,k) = mean(Retornos(:,k));

end

%Nombra la variable Volat - Calcula la desviación de la variable Retornos%

Volat = zeros(1,length(txt(1,2:end)));

for k=1:Dim

    Volat(1,k) = std(Retornos(:,k));

end

%Nombra la variable Sharpe - Calcula Ratio de Sharpe%

Sharpe = zeros(1,length(txt(1,2:end)));

```



```

for k=1:Dim
    Sharpe(1,k) = (Mean1(1,k)-Rfmes)/Volat(1,k);
end

%organiza Sharpe de mayor a menor%
[B1,C1]=sort(Sharpe,'descend');
%organiza los títulos de acuerdo al mejor Sharpe%
S1 = Titulo(1,C1);
%Muestra Títulos%
display(S1)
%Muestra valores%
display(B1)
%organiza la media de los retornos de mayor a menor%
Rs1= mean(Retornos(:,C1));
%Muestra los valores%
display(Rs1)
%organiza la desviación de los retornos de mayor a menor%
Vs1= std(Retornos(:,C1));
%Muestra los valores%
display(Vs1)
%Organiza la base de los precios por el mejor Sharpe hasta el peor%
Sinfo1 = raw(:,C1+1);

%Nombra la variable Omega- Calcula Ratio de Omega%

```

```

Omega = zeros(1,Dim);
for k=1:Dim
    Omega(1,k) = lpm(-Retornos(:,k),-MARRmes,1)/lpm(Retornos(:,k), MARRmes, 1);
end

```

```

% Nombra la variable Positivos- Selecciona la media de los retornos mayores a 0 %

```

```

Positivos = Mean1>0;

```

```

% Nombra la variable NOmega- Multiplica la variable Positivos con Omega %

```

```

NOmega = Positivos.*Omega;

```

```

%organiza Sharpe de mayor a menor%

```

```

[Y1,I1]=sort(NOmega,'descend');

```

```

M1=Titulo(1,I1);

```

```

%Muestra los valores%

```

```

display(M1)

```

```

display(Y1)

```

```

UpsideS3 = lpm(-zS1, -MARRmes, 1) / sqrt(lpm(zS1, MARRmes, 2));

```

```

UpsideO3 = lpm(-zO1, -MARRmes, 1) / sqrt(lpm(zO1, MARRmes, 2));

```

```

Upside3 = [UpsideS3,UpsideO3];

```

```

UpsideS4 = lpm(-zS1, -MARRmes, 1) / sqrt(lpm(zS1, MARRmes, 2));

```

```

UpsideO4 = lpm(-zO1, -MARRmes, 1) / sqrt(lpm(zO1, MARRmes, 2));

```

```

Upside4 = [UpsideS4,UpsideO4];

```

```
%Nombra la variable Sortino- Calcula Ratio de Sortino%
```

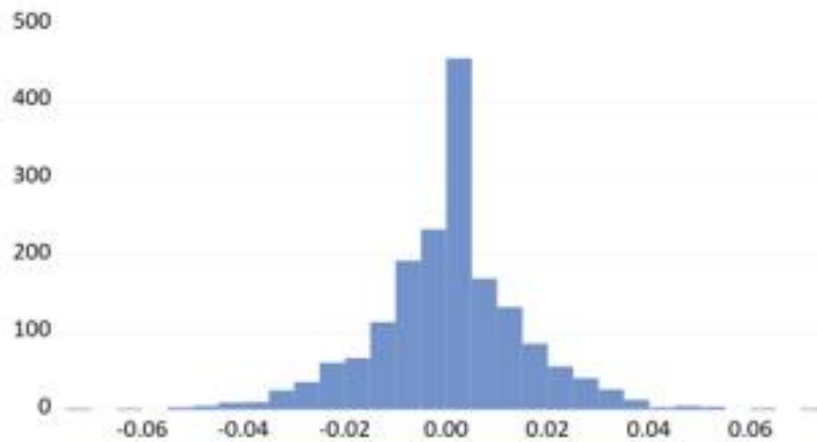
```
Sortino = zeros(1,Dim);
```

```
for k=1:Dim
```

```
    Sortino(1,k) =(mean(Retornos(:,k))- MARRmes)/(sqrt(lpm(Retornos(:,k), MARRmes, 2)));
```

```
end
```

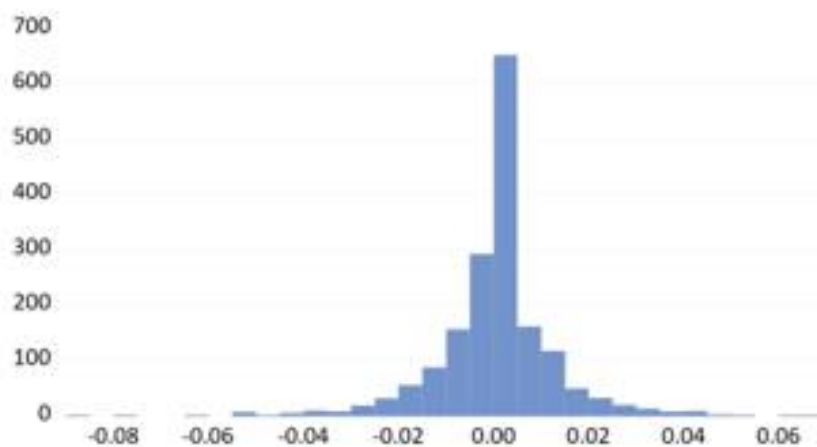
## Anexo 4



Series: BCOLO\_CB\_EQUITY  
 Sample 5/13/2013 12/31/2019  
 Observations 1732

Mean	0.000254
Median	0.000000
Maximum	0.072321
Minimum	-0.071843
Std. Dev.	0.014570
Skewness	-0.014484
Kurtosis	4.846145

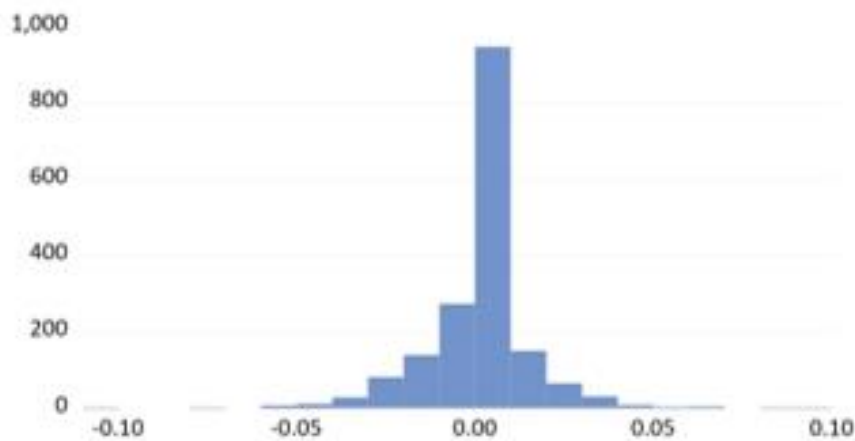
Jarque-Bera	246.0227
Probability	0.000000



Series: BOGOTA\_CB\_EQUITY  
 Sample 5/13/2013 12/31/2019  
 Observations 1732

Mean	0.000155
Median	0.000000
Maximum	0.068873
Minimum	-0.088511
Std. Dev.	0.012244
Skewness	-0.382478
Kurtosis	9.406855

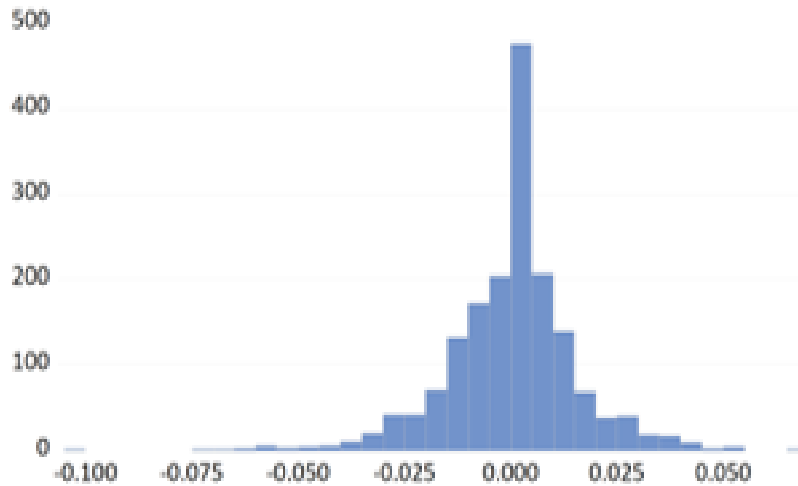
Jarque-Bera	3004.511
Probability	0.000000



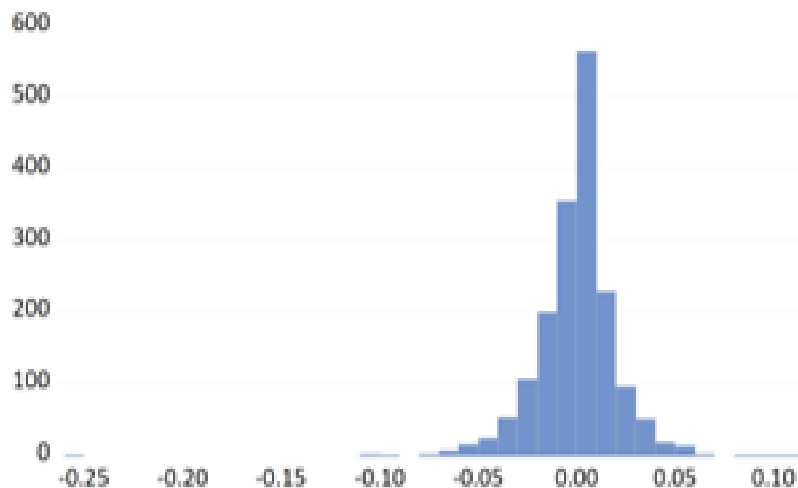
Series: BVC\_CB\_EQUITY  
 Sample 5/13/2013 12/31/2019  
 Observations 1732

Mean	-0.000135
Median	0.000000
Maximum	0.095148
Minimum	-0.104329
Std. Dev.	0.013684
Skewness	0.003843
Kurtosis	10.10843

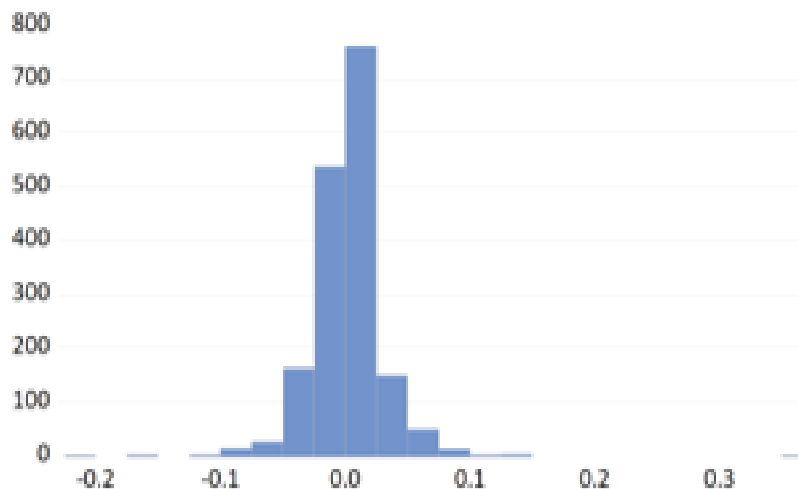
Jarque-Bera	3646.565
Probability	0.000000



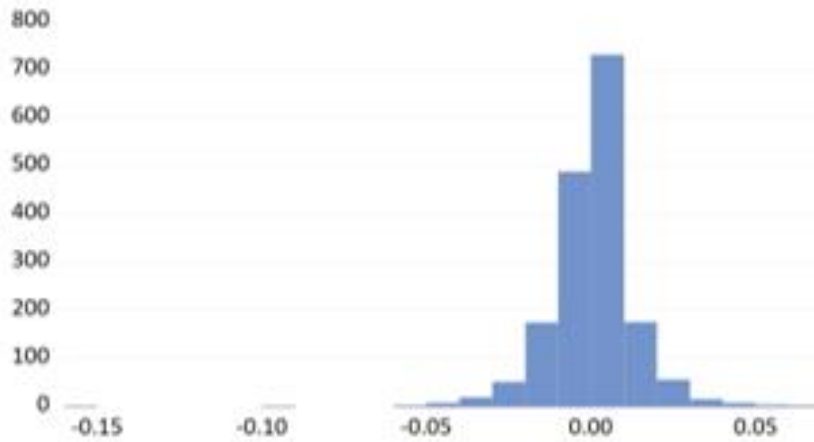
Series: CEMARGOS_CB_EQUNITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-4.41e-05
Median	0.000000
Maximum	0.065541
Minimum	-0.104479
Std. Dev.	0.015021
Skewness	-0.412748
Kurtosis	6.577623
Jarque-Bera	972.8667
Probability	0.000000



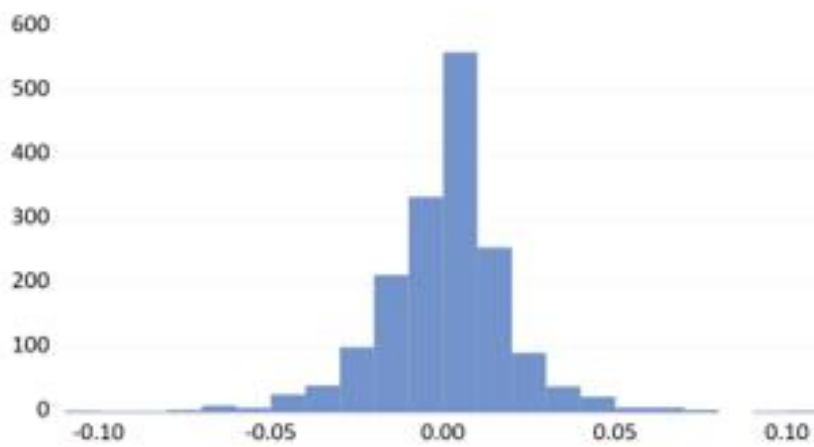
Series: CLH_CB_EQUNITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000623
Median	0.000000
Maximum	0.110951
Minimum	-0.250759
Std. Dev.	0.019881
Skewness	-1.220610
Kurtosis	20.23245
Jarque-Bera	21860.49
Probability	0.000000



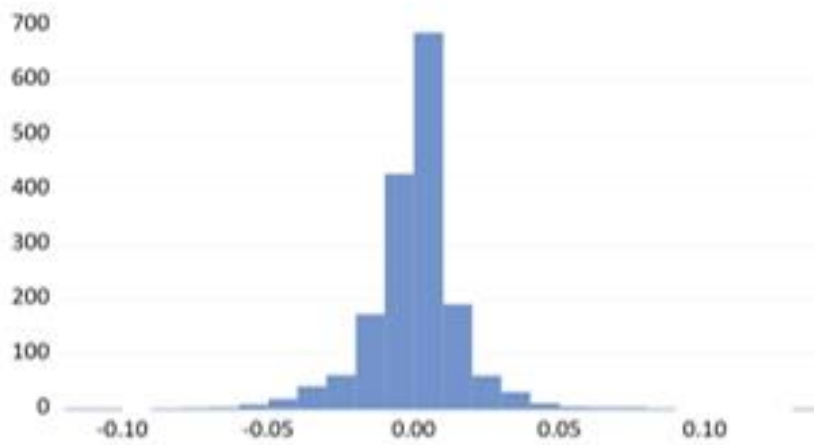
Series: CNEC_CB_EQUNITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	0.000500
Median	0.000000
Maximum	0.355669
Minimum	-0.213768
Std. Dev.	0.028150
Skewness	0.867252
Kurtosis	22.39530
Jarque-Bera	27364.61
Probability	0.000000



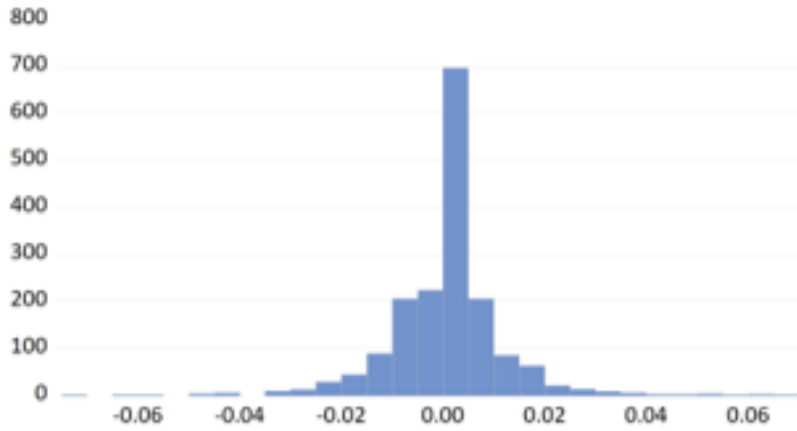
Series: CORFICOL_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	8.10e-05
Median	0.000000
Maximum	0.068279
Minimum	-0.158729
Std. Dev.	0.012840
Skewness	-1.096082
Kurtosis	20.13595
Jarque-Bera	21537.88
Probability	0.000000



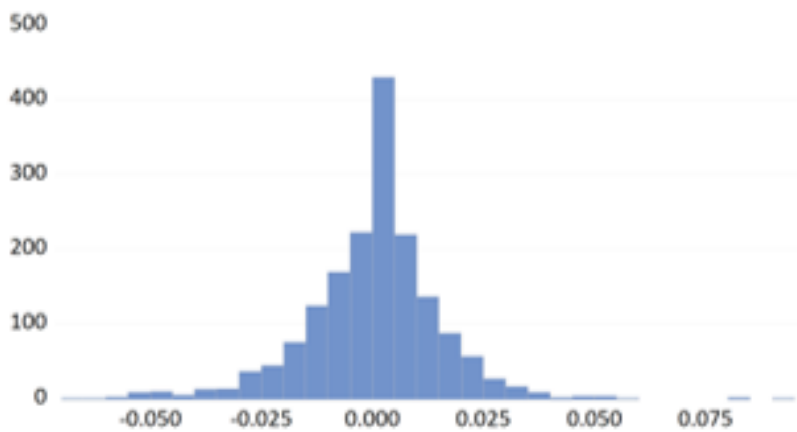
Series: ECOPETL_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000128
Median	0.000000
Maximum	0.102713
Minimum	-0.104452
Std. Dev.	0.019424
Skewness	-0.125580
Kurtosis	6.798158
Jarque-Bera	1045.629
Probability	0.000000



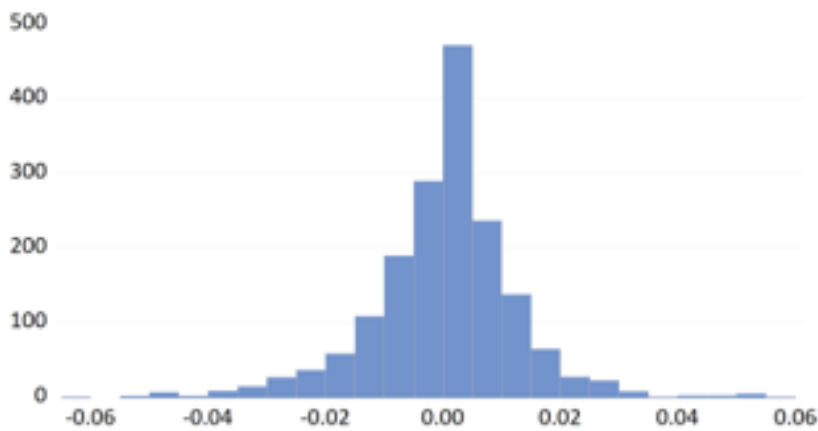
Series: EXITO_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000409
Median	0.000000
Maximum	0.136282
Minimum	-0.119545
Std. Dev.	0.016265
Skewness	-0.082160
Kurtosis	11.39775
Jarque-Bera	5091.295
Probability	0.000000



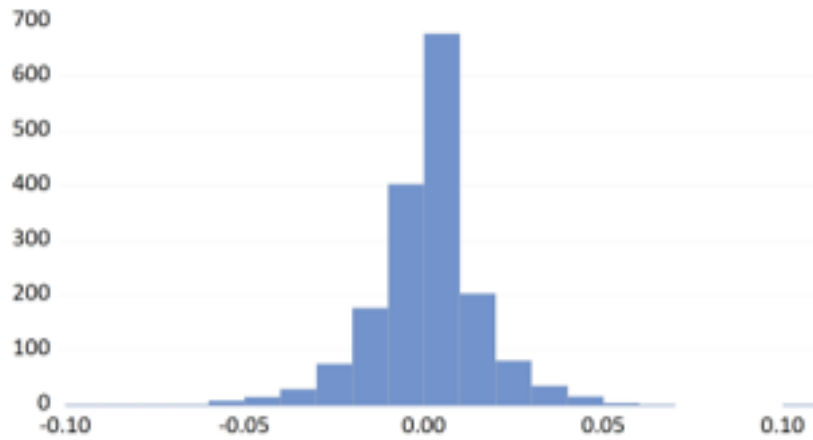
Series: GEB_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	0.000272
Median	0.000000
Maximum	0.069184
Minimum	-0.072601
Std. Dev.	0.011072
Skewness	0.163077
Kurtosis	9.711388
Jarque-Bera	3258.261
Probability	0.000000



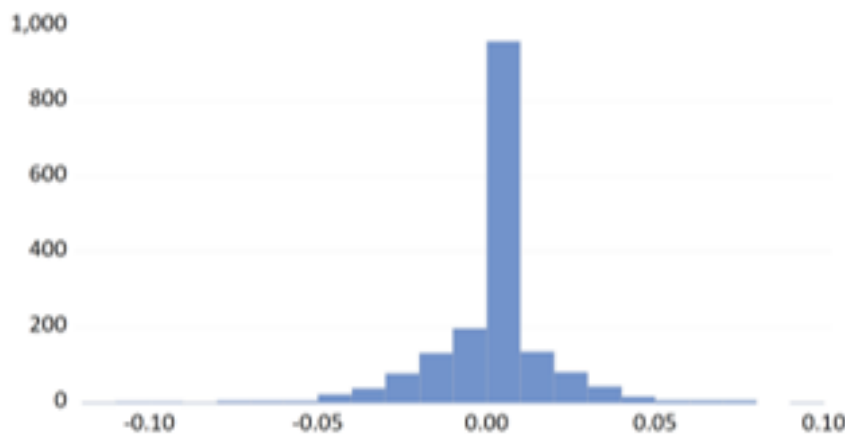
Series: GRUPOARG_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-8.10e-05
Median	0.000000
Maximum	0.090343
Minimum	-0.066894
Std. Dev.	0.015129
Skewness	-0.122455
Kurtosis	6.451288
Jarque-Bera	863.9340
Probability	0.000000



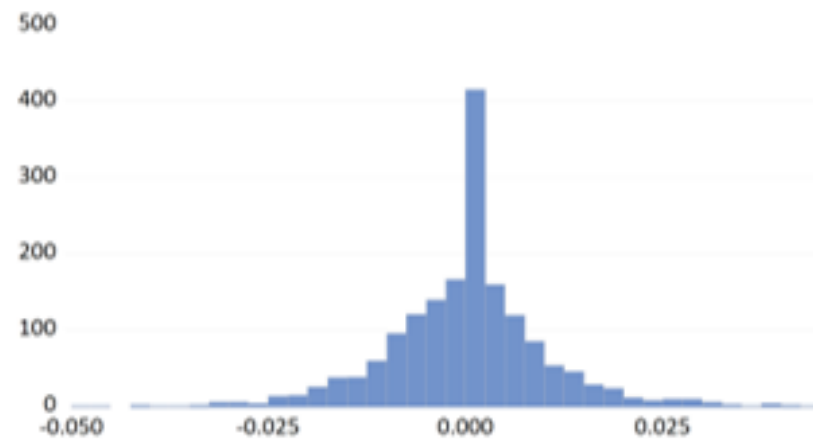
Series: GRUPOSUR_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-5.84e-05
Median	0.000000
Maximum	0.056716
Minimum	-0.062614
Std. Dev.	0.012402
Skewness	-0.215943
Kurtosis	6.136714
Jarque-Bera	723.5071
Probability	0.000000



Series: ISA_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	0.000503
Median	0.000000
Maximum	0.104826
Minimum	-0.098167
Std. Dev.	0.015393
Skewness	-0.264009
Kurtosis	7.340702
Jarque-Bera	1379.863
Probability	0.000000

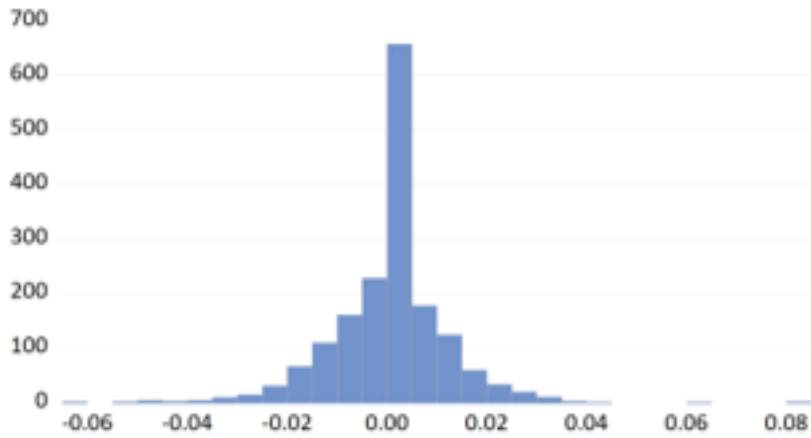


Series: MINEROS_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-8.72e-05
Median	0.000000
Maximum	0.095310
Minimum	-0.118140
Std. Dev.	0.017311
Skewness	-0.483755
Kurtosis	10.18025
Jarque-Bera	3788.178
Probability	0.000000

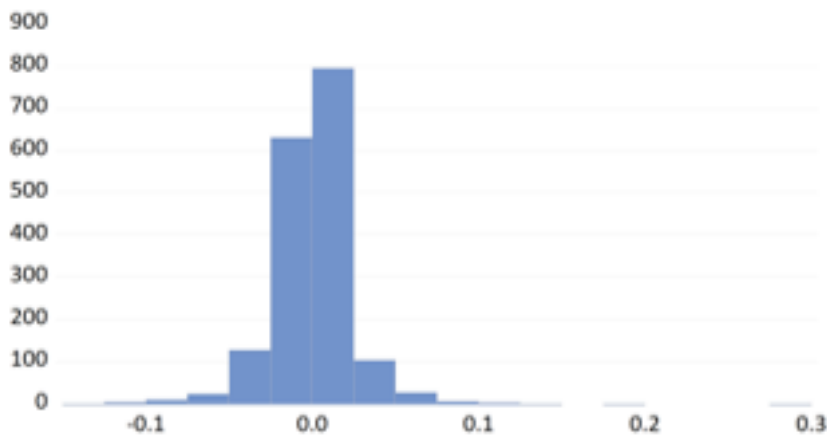


Series: NUTRESA_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	2.28e-06
Median	0.000000
Maximum	0.042762
Minimum	-0.049861
Std. Dev.	0.010244
Skewness	0.072456
Kurtosis	5.493904
Jarque-Bera	450.3602
Probability	0.000000

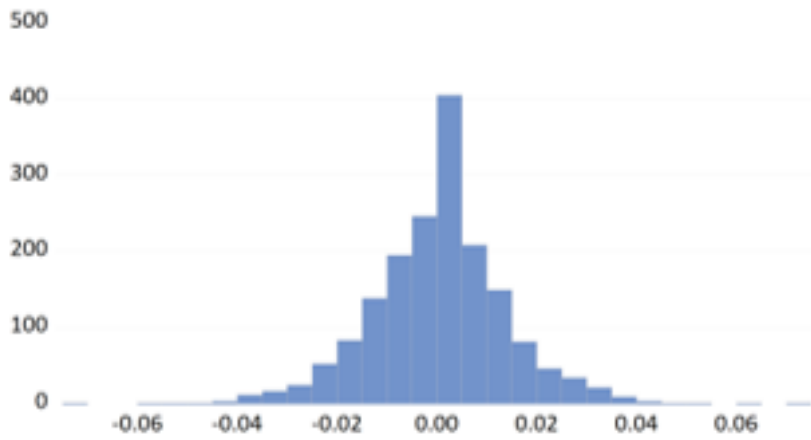




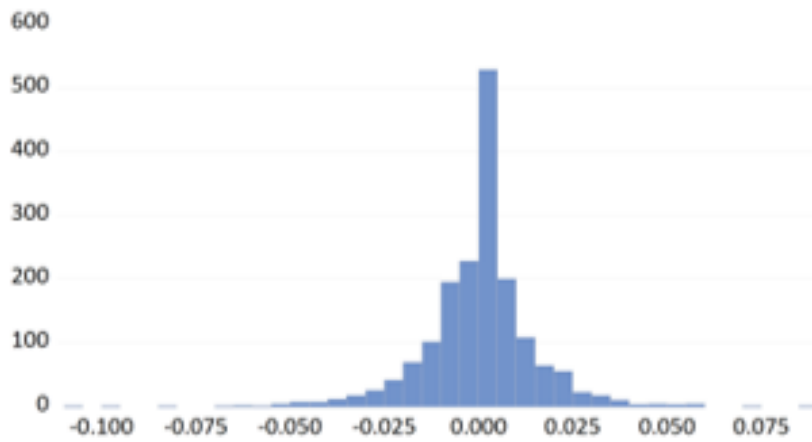
Series: PFAVAL_CB_EQUNITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	8.05e-05
Median	0.000000
Maximum	0.081493
Minimum	-0.063949
Std. Dev.	0.011933
Skewness	-0.044429
Kurtosis	8.149068
Jarque-Bera	1913.917
Probability	0.000000



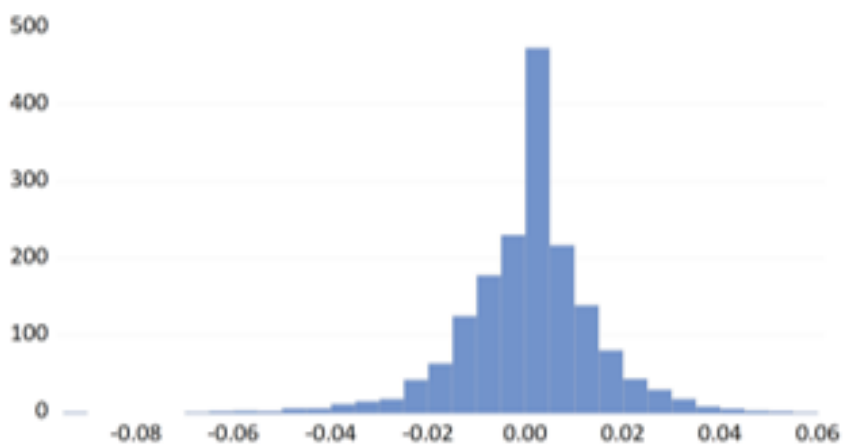
Series: PFAVH_CB_EQUNITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000470
Median	0.000000
Maximum	0.281640
Minimum	-0.136977
Std. Dev.	0.023675
Skewness	1.300615
Kurtosis	20.82797
Jarque-Bera	23425.52
Probability	0.000000



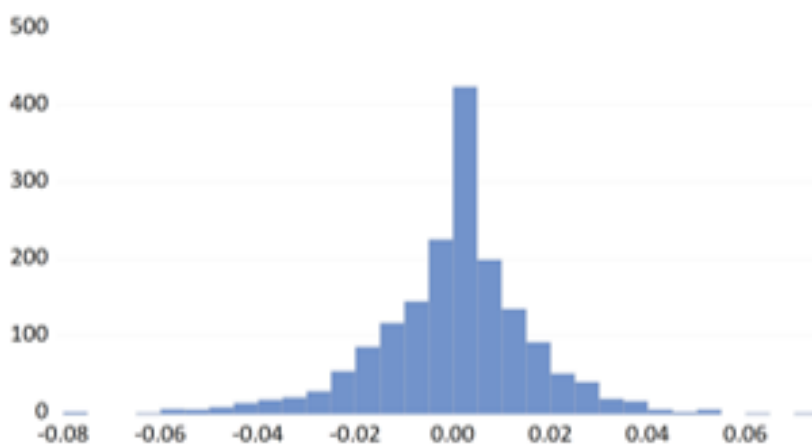
Series: PFBCOLO_CB_EQUNITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	0.000263
Median	0.000000
Maximum	0.072476
Minimum	-0.071620
Std. Dev.	0.013496
Skewness	0.052131
Kurtosis	4.942503
Jarque-Bera	273.0924
Probability	0.000000



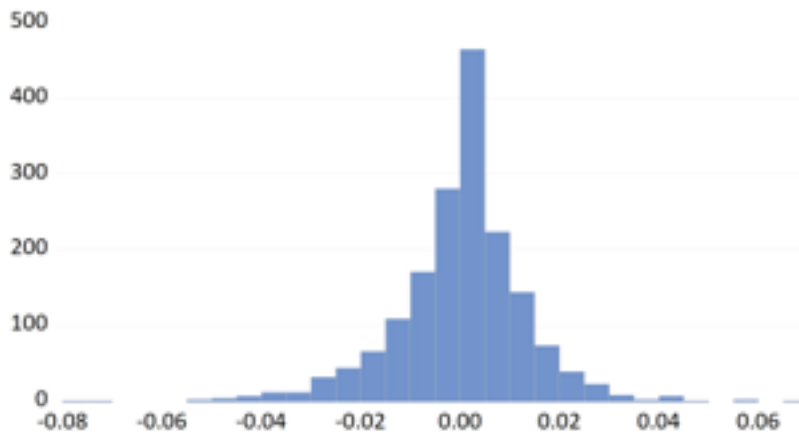
Series: PFCMARG_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000176
Median	0.000000
Maximum	0.088266
Minimum	-0.105192
Std. Dev.	0.014753
Skewness	-0.403690
Kurtosis	8.938466
Jarque-Bera	2592.027
Probability	0.000000



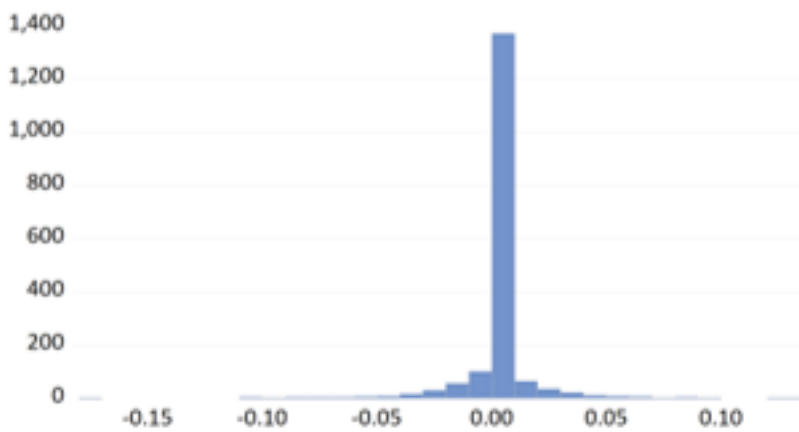
Series: PFDVVND_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	0.000364
Median	0.000000
Maximum	0.057864
Minimum	-0.094124
Std. Dev.	0.013911
Skewness	-0.519340
Kurtosis	6.593723
Jarque-Bera	1009.879
Probability	0.000000



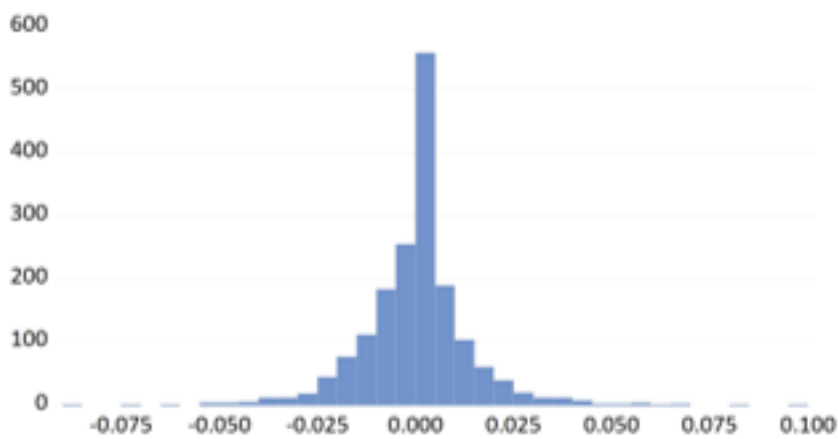
Series: PFGRUPOA_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000233
Median	0.000000
Maximum	0.072130
Minimum	-0.078572
Std. Dev.	0.015923
Skewness	-0.367104
Kurtosis	5.249474
Jarque-Bera	404.0752
Probability	0.000000



Series: PFGRUPSU_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-0.000159
Median	0.000000
Maximum	0.069494
Minimum	-0.077581
Std. Dev.	0.013060
Skewness	-0.365325
Kurtosis	6.302745
Jarque-Bera	825.7293
Probability	0.000000



Series: PROMIG_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	0.000358
Median	0.000000
Maximum	0.138193
Minimum	-0.176365
Std. Dev.	0.014641
Skewness	-0.474209
Kurtosis	34.83011
Jarque-Bera	73181.01
Probability	0.000000



Series: CELSIA_CB_EQUITY	
Sample 5/13/2013 12/31/2019	
Observations 1732	
Mean	-6.56e-05
Median	0.000000
Maximum	0.095310
Minimum	-0.087012
Std. Dev.	0.013696
Skewness	0.304747
Kurtosis	9.084807
Jarque-Bera	2698.770
Probability	0.000000

## Anexo 5

