

EXPLORACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO
DEL MERCADO DE RENTA VARIABLE EN COLOMBIA

JESUS DAVID BALLESTEROS CUARTAS
JOSE ANIBAL LADINO TORRES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
MAESTRIA EN ADMINISTRACION ECONOMICA Y FINANCIERA
PEREIRA
ABRIL 2016

EXPLORACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO
DEL MERCADO DE RENTA VARIABLE EN COLOMBIA

JESUS DAVID BALLESTEROS CUARTAS

C.C. 1.088.274.607

JOSE ANIBAL LADINO TORRES

C.C. 1.088.287.790

Director propuesto:

LEONEL ARIAS MONTOYA

Ingeniero Industrial

Magíster en Administración Económica y Financiera

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
MAESTRIA EN ADMINISTRACION ECONOMICA Y FINANCIERA
PEREIRA
ABRIL 2016

INDICE DE CONTENIDO

pag.

INTRODUCCION	9
RESUMEN	11
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. ANTECEDENTES DE LA IDEA.....	13
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. Formulación del problema.....	16
1.2.2. Sistematización del problema.....	16
2. HIPOTESIS O SUPUESTOS	17
2.1. PRIMER GRADO	17
2.2. SEGUNDO GRADO	17
2.3. TERCER GRADO	17
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3.3. BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.4. LIMITACIONES PREVISIBLES.....	18
4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
5. MARCO DE REFERENCIA	20
5.1. TEÓRICO.....	20
5.1.1. Estadísticos descriptivos	20
5.1.2. Datos aleatorios.....	21
5.1.3. Coeficientes de correlación.....	25
5.1.4. Pruebas de bondad y ajuste.....	26
5.1.5. Métodos tradicionales para el cálculo del Valor en Riesgo.....	26
5.2. CONCEPTUAL	33

5.2.1.	Gobierno Colombiano.....	34
5.2.2.	Sistema Financiero Colombiano.....	36
5.2.3.	Estructura del sistema Financiero Colombiano.....	37
5.2.4.	Bolsa de Valores.....	39
5.2.5.	Riesgo	42
5.2.6.	Clasificación del Riesgo.....	42
5.2.7.	Administración del Riesgo.....	43
5.2.8.	Diversificación de Riesgo y portafolios de inversión.....	44
5.2.9.	Modelos de diversificación de Riesgo.....	45
5.3.	NORMATIVO	48
5.3.1.	Mercado de Valores Colombiano	48
5.3.2.	Acuerdos de Basilea.....	50
5.3.3.	Superintendencia Financiera de Colombia	52
5.3.4.	Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995).....	55
5.4.	MARCO FILOSOFICO.....	58
5.5.	GLOSARIO	59
5.6.	SITUACIONAL.....	61
6.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	62
6.1.	TIPO DE ESTUDIO	62
6.2.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	62
6.3.	FUENTES Y TÉCNICAS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.....	63
6.3.1.	Fuentes primarias.....	63
6.3.2.	Fuentes secundarias	63
6.4.	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	63
7.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA	65
7.1.	INDICES.....	65
7.1.1.	Índices de mercado.....	65
7.1.2.	Índices en el mercado colombiano.....	66
7.1.3.	Canasta seleccionada	71
7.2.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	74

7.3.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	75
7.3.1.	Prueba de Aleatoriedad	75
7.3.2.	Estadísticos descriptivos	77
8.	DEFINICIÓN DE LOS PORTAFOLIOS	79
8.1.	DEFINICION MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS.....	79
8.1.1.	Coefficientes de correlación.....	80
8.1.2.	Matriz.....	81
8.2.	CONFORMACIÓN DEL PORTAFOLIO.	84
8.2.1.	Portafolio con coeficiente de Pearson	84
8.2.2.	Portafolio con coeficiente de Kendall.....	85
8.2.3.	Portafolio con coeficiente de Spearman	86
9.	MEDICION DEL VALOR EN RIESGO	88
9.1.	MÉTODO DELTA - NORMAL	88
9.2.	TEORIA DE VALORES EXTREMOS (EVT)	88
9.3.	EXPLORACION DE OTRAS METODOLOGIAS.....	93
9.3.1.	FDP Beta	94
10.	COMPARACION DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RETROINSPECCIÓN – BACKTSTING.....	99
11.	CONCLUSIONES	104
12.	RECOMENDACIONES.....	107
13.	BILIOGRAFIA.....	108

INDICE DE ECUACIONES

pag.

Ecuación 1: Media Aritmética	20
Ecuación 2: Media Aritmética Ponderada	21
Ecuación 3: Varianza	21
Ecuación 4: Rentabilidad	29
Ecuación 5: Rentabilidad Ordenada	29
Ecuación 6: Valor en Riesgo Simulación Histórica	30
Ecuación 7: Valor en Riesgo Simulación Histórica	30
Ecuación 8: Retornos para un activo n	32
Ecuación 9: Varianza de un portafolio	32
Ecuación 10: Valor en Riesgo Delta - Normal	32
Ecuación 11: CAPM	45
Ecuación 12: APT	46
Ecuación 13: Retornos de un portafolio	75
Ecuación 14: Matriz de Varianzas y Covarianzas	79
Ecuación 15: Distribución Generalizada de Pareto	89
Ecuación 16: Umbral de Hill	89
Ecuación 17: Distribución Generalizada de Pareto	91
Ecuación 18: Valor en Riesgo EVT	92
Ecuación 19: FDP Beta	94
Ecuación 20: Valor en Riesgo FDP Beta	95
Ecuación 21: Backtesting	100

INDICE DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Entidades sujetas a inspección de la Superintendencia financiera.	54
Tabla 2. Relación de entidades y autoridades de control. [53]	54
Tabla 3. Bolsa COLCAP febrero-abril de 2015.	67
Tabla 4. Bolsa COLEQTY febrero-abril de 2015.	69
Tabla 5. Bolsa COLSC febrero-julio de 2015.	70
Tabla 6. Bolsa COLIR febrero-abril de 2015.	71
Tabla 7. Canasta COLCAP feb-abril del 2015.	72
Tabla 8. Prueba de aleatoriedad de los retornos de las acciones en estudio.	76
Tabla 9. Estadísticos.	77
Tabla 10. Variación de precios enero de 2010 y diciembre de 2014.	78
Tabla 11. Mapa de calor coeficiente de Pearson: Rojo – Alta Correlación; Verde – Baja Correlación.	80
Tabla 12. Mapa de calor coeficiente de Kendall: Rojo – Alta Correlación; Verde – Baja Correlación.	80
Tabla 13. Mapa de calor coeficiente de Spearman: Rojo – Alta Correlación; Verde – Baja Correlación.	81
Tabla 14. Matriz de varianzas y covarianzas hallada con el coeficiente de correlación de Pearson.	82
Tabla 15. Matriz de varianzas y covarianzas hallada con el coeficiente de correlación de Kendall.	82
Tabla 16. Matriz de varianzas y covarianzas hallada con el coeficiente de correlación de Spearman.	83
Tabla 17. Ponderadores – Coeficiente de Pearson	84
Tabla 18. Ponderadores – Coeficiente de Kendall.....	85
Tabla 19. Ponderadores – Coeficiente de Spearman.....	86
Tabla 20: Valor Riesgo calculado con el Método Delta – Normal	88
Tabla 21: Parámetros de la distribución generalizada de Pareto.	92
Tabla 22: VaR por la teoría de valores extremos.	92
Tabla 23: VaR por el segundo momento estadístico en la teoría de valores extremos.....	93
Tabla 24: Pruebas de Bondad y ajuste. (6 portafolios).	94
Tabla 25: Parámetros de la Función Beta.	95
Tabla 26: Valores de la Función Beta	95
Tabla 27: Resultado ecuación de la función Beta.	96
Tabla 28: Valor en Riesgo por la FDP Beta.	96
Tabla 29: Resumen del cálculo Valor en Riesgo por diferentes métodos y parámetros.	98
Tabla 30. Backtesting para los diferentes Valores en Riesgo calculados.	101

INDICE DE ILUSTRACIONES

pag.

Ilustración 1: Prueba de aleatoriedad.....	23
Ilustración 2: Tipos de Medidas	27
Ilustración 3: Medidas parametricas	28
Ilustración 4. Estructura del sistema financiero.....	37
Ilustración 5. Estructura del Mercado de Valores.....	39
Ilustración 6. Frontera eficiente – Coeficiente de Pearson.....	84
Ilustración 7. Frontera eficiente – Coeficiente de Kendall	85
Ilustración 8. Frontera eficiente – Coeficiente de Spearman	86
Ilustración 9: Ecuación de Hill para el coeficiente de correlación de Pearson.	90
Ilustración 10: Ecuación de Hill para el coeficiente de correlación de Kendall.	90
Ilustración 11: Ecuación de Hill para el coeficiente de correlación de Spearman.	91
Ilustración 12: Backtesting portafolio 1 (coeficiente de correlación de Pearson).	102
Ilustración 13: Backtesting portafolio 3 (Coeficiente de correlación de Spearman)	102
Ilustración 14: Backtesting portafolio 6 (Coeficiente de correlación de Kendall)	103

INTRODUCCION

En medio de la evolución humana y cultural, se empieza a dar lo que en la actualidad se conoce como la especialización del trabajo, dando esto como resultado que existieran excedentes de producción que podrían ser aprovechados por otros individuos que a su vez tenían otros excedentes que ofrecer y estaban dispuestos a cambiarlos; esto dio origen al trueque: al intercambio de bienes con el objetivo de satisfacer necesidades básicas.

Debido a que este sistema tiene notables dificultades (el bien que está en cambio no siempre es el elemento que se necesita; no se evidencia una semejanza específica entre un bien y otro; entre otros), se empieza a dar equivalencia (“valor”) a estos bienes, con metales o minerales de difícil extracción. A esto se le podría conocer como el origen de la moneda.

Este sistema económico siguió evolucionando y se mantuvo sin mayores alteraciones hasta el siglo XVIII, cuando el señor John Law (1671-1729) introdujo el concepto de que el dinero solo es un medio de intercambio más no una riqueza en sí mismo, y con este concepto dio paso del sistema monetario basado en metales al sistema monetario basado en el papel moneda. Sin embargo con la idea de soportar la economía, se mantuvo su equivalencia en reservas estatales y solo se disolvió dicha equivalencia a mediados del siglo XX. Este notable hecho le dio plena libertad a la economía para que evolucionara ya que el dinero en circulación no dependería exclusivamente de la capacidad de extracción de metales o de la cantidad de metales que estaban en determinados territorios.

En la historia más reciente, después de lo que se conoce como el jueves negro (24 de Octubre de 1929), en donde la económica mundial entro en la mayor recesión económica en toda la historia, se dio la necesidad de encontrar la forma en cómo estimar los beneficios, rentabilidad o ganancia que se deben dar al poner en circulación un determinado capital. Con esta estimación también nace la necesidad de encontrar las posibles pérdidas (rentabilidades negativas).

Gracias al economista Harry Markowitz (1927-) quien en el año 1952 formulo la teoría con la cual dio las bases para el desarrollo teórico de la economía en las siguientes década, plantea en primer lugar el concepto de diversificación (“no poner todos los huevos en la misma canasta”) y segundo, plantea que el retorno de un portafolio (agrupación de una o más acciones, bonos, futuros y opciones, entre otros) está directamente relacionado con el riesgo de dicho portafolio, es decir, a mayor rentabilidad del portafolio mayor riesgo de tener grandes pérdidas.

Siguiendo la evolución del concepto de gestión de riesgo, en el año 1989, el presidente de la compañía JP Morgan, el señor Dennis Weatherstone, pidió informes diarios de cómo

eran los riesgos dentro de la compañía, en estos se evidenció lo que posteriormente se conocería como Riskmetrics, (que sería transformado en una compañía) y dentro de las metodologías propuestas, en el año 1994 sobresale el cálculo del Valor en Riesgo ó VaR como una metodología para estimar el riesgo de mercado, y sobre el cual se le da vía libre a todo el mundo para que conozcan dicha metodología. Este último concepto es el objeto de estudio del presente documento ya que se buscaran formas alternativas para calcular el Riesgo del Mercado.

El presente documento se desarrolla con base a la tesis de grado “Exploración de metodologías para el cálculo del valor en riesgo” [1] de la siguiente manera: PRIMERA PARTE (Capítulo 1, Capítulo 2, Capítulo 3 y Capítulo 4): formalización de la investigación, antecedentes, objetivos, supuestos teóricos o empíricos; SEGUNDA PARTE (Capítulo 5 y Capítulo 6): Marcos de referencia y fuentes de información; TERCERA PARTE (Capítulo 7, Capítulo 8 y Capítulo 9): Procesamiento de información y aplicación de conceptos y teorías; CUARTA PARTE (Capítulo 10, Capítulo 11, Capítulo 12 y Capítulo 13): Conclusiones, recomendaciones y cierre.

RESUMEN

En el presente documento se describen metodologías para el cálculo del Riesgo del Mercado, algunas de estas metodologías parten de supuestos estrictamente teóricos y otras parten tanto de conceptos teóricos como prácticos. Adicional a esto se plantea un estudio comparativo de dichas metodologías, presentando en forma detallada las diferentes formas de encontrar los resultados teóricos para el Riesgo de Mercado, que puedan ayudar a los diversos interesados a tener una forma alterna en como calcular este riesgo.

Se establece que puede haber una incidencia significativa tanto en el método usado para encontrar el riesgo como en la conformación de los portafolios óptimos. Esto último debido a que existe más de un coeficiente de correlación (insumo base para la matriz de covarianza, que a su vez es el insumo base para aplicar la teoría de Markowitz): Pearson, Kendall y Spearman. Como metodologías para el cálculo del riesgo se estudiarán: Delta – Normal, Teoría de Valores Extremos, Segundo Momento Estadístico de la Distribución Generalizada de Pareto y Aproximación por la Función de Distribución de Probabilidad Beta.

Finalmente se realizará una comparación aplicando las estimaciones en un periodo considerable de tiempo (un año) utilizando los datos presentados de manera oficial por la Bolsa de Valores de Colombia, por medio de la metodología de backtesting.

Coefficientes, Spearman, Kendall, Pearson, Mercado Accionario, Delta – Normal, Teoría de Valores Extremos.

ABSTRACT

In the present document be describe different methodologies to calculate value of risk of the market, some of this methodologies are based strictly in theoretical assumptions and others consist in theoretical and practice concepts. Additional to this, be propose a comparative study of this methodologies, presenting a detailed way, the different forms of find the theoretical results to the market risk, that can help to the various interested in having a different form to calculate this risk.

It is establishes that may have a significant impact on both, the method used to find risk as in the construction of optimal portfolios. The latter because there is more of a correlation coefficient (basic input for the covariance matrix, which in turn is the basic input for applying the theory of Markowitz): Pearson, Kendall and Spearman. The Methodologies for risk calculation, be studied: Delta - Normal, Extreme Value Theory, Second Statistical Moment of Generalized Pareto Distribution and an approximation by function of Beta Probability Distribution.

Finally, will be realized a comparison applying the estimates for a considerable period of time (one year), utilizing data presented officially by the Colombia Stock Exchange, through backtesting methodology.

Coefficients, Spearman, Kendall, Pearson, Stock Market, Delta - Normal, Extreme Value Theory

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES DE LA IDEA

Desde el asentamiento de las sociedades nómadas en territorios establecidos, se empezó a dar la especialización del trabajo en las diferentes áreas, con ello aparece el trueque que involucra un concepto inicial de rentabilidad al presentar la idea de intercambiar mercancías para alcanzar una satisfacción. Al avanzar la sociedad, el trueque ya no funciona como el sistema donde las personas obtienen una satisfacción directa y es por esto que se evoluciona al intercambio de mercancías por medio de metales de difícil extracción. Siglos más tarde nacen los diferentes sistemas monetarios por la necesidad de encontrar un mecanismo que permita poder invertir en diferentes territorios, generando así la acumulación de riquezas que dieron origen al feudalismo.

En el último milenio con la creación de las diferentes bolsas de valores (Ambers, Bélgica 1460; Ámsterdam, 1602, la bolsa de valores funcional más antigua del mundo; Londres, 1801; New York, 1817; entre otras), se empieza a evidenciar la necesidad del dinamismo en el flujo de capitales y la necesidad de versatilidad en la economía con el ánimo de que hayan grandes flujos de capitales, tanto por parte de quien está dispuesto a ofrecerlo como por parte de quien está dispuesto a adquirirlo.

Más aún con la introducción del concepto de que el dinero solo es un medio de intercambio más no una riqueza en sí mismo, y con el reemplazo del sistema monetario basado en metales al sistema monetario basado en el papel moneda, por el señor John Law (1671-1729) se hace evidente la necesidad de la captación de grandes capitales que soporten financieramente la inevitable revolución industrial. En dicha época el sistema era basado en el feudalismo (préstamo de extensiones de tierra para el cultivo), pero por el poco dinamismo del mercado poco a poco el sistema cambió al capitalismo (concentración de grandes capitales en algunas empresas o personas, se diferencia del anterior sistema en la medida que acá se paga un salario por el trabajo realizado).

En dicho modelo capitalista se genera la necesidad cada vez más imperante de generar rentabilidad, la cual es vista como un indicador de crecimiento, por lo cual el mismo sistema financiero evoluciona a un mercado de oportunidades de inversión, el cual es representado en las bolsas de valores, espacios donde se permite la negociación de acciones (renta variable), Bonos (renta fija), divisas, carteras colectivas, entre otros, los cuales se pueden transar en lo que se llama el mercado Spot (el activo se entregó de forma inmediata) y el mercado de derivados (instrumentos financieros cuyo valor proviene

o se “deriva” de la evolución de los precios de otros activos, ejemplo: futuros, opciones, swaps, etc). [2]

Sin embargo, a pesar de que existe un sistema financiero tan robusto y evolucionado también existe una gran fragilidad en el mismo y es donde se desarrolla el concepto de que existe una relación directa entre rentabilidad y riesgo, en el cual es necesario que dicho riesgo sea minimizado a la vez que se obtiene un retorno que satisfaga las expectativas de los inversionistas.

En las últimas décadas se ha visto el efecto que tiene en toda la economía, las graves crisis en las bolsas de valores del mundo, desde la burbuja tecnológica hasta la más reciente con las hipotecas “Subprime” han generado pánico y derrumbes de los índices accionarios, en Colombia por ejemplo la caída de los precios del petróleo en el año 2015 ha generado que las proyecciones en inversión social disminuyan, contribuyendo así a una posible desaceleración de la economía, en la que se ve afectado todos los agentes económicos, tales condiciones han generado que las entidades públicas o privadas, las personas naturales o jurídicas y las mismas políticas de estado están orientadas a la administración integral del riesgo puesto que es un requisito para la supervivencia y el crecimiento.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mercado de valores colombiano y en general el mercado accionario de cualquier parte del mundo no representan un panorama confiable para incentivar a los inversionistas para que confíen sus recursos o excedentes de capital a dicho mercado, en la actualidad esto quizá es debido a que no se comprende muy bien la dinámica ni principios que rigen dicho mercado, por tal motivo existen muchos aspectos metodológicos que no son comprensibles por parte de los posibles inversionistas.

Para mitigar esta desconfianza las instituciones financieras han entendido que la administración de riesgos es una necesidad, con la cual se toma la decisión de invertir o no invertir. Principalmente se identifican dos clases de riesgo, un riesgo propio que es específico para cada acción y el riesgo del mercado que depende de la variación conjunta del mercado. La primera clase de riesgo se puede disminuir considerablemente con una buena diversificación de las acciones que componen una cartera, pero la segunda clase de riesgo no se puede eliminar, por lo tanto, el riesgo de un portafolio bien diversificado lo compone en mayor parte el riesgo del mercado [3].

En la academia el concepto de riesgo ha sido ampliamente estudiado, principalmente desde los años cincuenta con la aparición de la teoría de Harry Markowitz quien plantea que el retorno está directamente relacionado con la cantidad de riesgo que se está dispuesto a asumir [4].

Luego bajo esta teoría ha sido considerado el nivel aceptable de riesgo que se debe tener presente para considerar el monto mínimo necesario para cubrir con el mayor nivel de seguridad una futura pérdida. Dichas consideraciones sólo tienen en cuenta que los retornos y por consiguiente los portafolios tienen distribuciones normales.

Bajo los diferentes hechos a los cuales se ha visto influenciada la economía colombiana, es necesario encontrar las más adecuadas metodologías para el cálculo de riesgo, debido a la alta volatilidad del mercado, y debido a la seguridad que es necesaria incentivar en los posibles inversionistas.

Por tales motivos aparece la Valoración en Riesgo (VaR, por sus siglas en inglés), como una medida coherente a la hora de medir el riesgo de una acción o de una cartera de inversión. Siendo el Congreso de Basilea el máximo organismo consejero en temas económicos para instituciones financieras, este propone el VaR como la medida ideal para la toma correcta de decisiones económicas y administrativas.

Académicamente se contempla que los retornos siguen una distribución normal por lo tanto el VaR es aproximado por una curva Gaussiana; en términos generales el VaR es el resultado de multiplicar la desviación estándar de los datos por 1.642, cuando se aproxima con un nivel de confianza del 95% y por 2.33, cuando se aproxima con un nivel de confianza de 99% [5].

En forma teórica, los retornos no siguen una distribución normal, por esto el VaR aproximado por una Distribución Gaussiana subvalora los verdaderos valores que puede tener dicho indicador.

1.2.1. Formulación del problema

¿Cuál es la metodología indicada para el cálculo del Valor en Riesgo, de acuerdo a las condiciones del mercado de renta variable colombiano?

1.2.2. Sistematización del problema

- ¿Qué metodologías para el cálculo del riesgo y el retorno de un portafolio son las indicadas, para aproximar con mayor eficiencia el verdadero valor del VaR en un periodo de tiempo determinado?
- ¿Qué metodologías, de las estudiadas, para valorar el riesgo son las más precisas?
- ¿Resulta ser el VaR una medida de riesgo coherente para afrontar las necesidades del sector financiero?
- ¿Qué otras aproximaciones del VaR son aceptables estadística y matemáticamente como para ser una medida de riesgo aceptable?
- ¿A qué distribución se semejan los datos de los retornos del mercado bursátil?

2. HIPOTESIS O SUPUESTOS

2.1. PRIMER GRADO

- La Valoración en Riesgo calculada mediante la metodología Delta – Normal, es aceptada como una medida eficiente para estimar la pérdida máxima de un portafolio con cierto nivel de confianza; es la herramienta más utilizada para desarrollar estrategias encaminadas a afrontar los peores escenarios de dichos portafolios.
- Los modelos teóricos que estudian tanto el retorno como el riesgo del mercado bursátil, son herramientas útiles al momento de analizar de manera teórica los comportamientos futuros de portafolios de inversión.

2.2. SEGUNDO GRADO

- Los modelos teóricos desarrollados para el análisis del mercado bursátil son desarrollados con base en hechos pasados, partiendo de estos hechos son calculados los peores escenarios que las acciones pertenecientes a dichos mercados puedan afrontar en determinado horizonte de tiempo, esto es conocido como Valoración en Riesgo.
- Los modelos teóricos para el análisis de los retornos y del riesgo resultan ser herramientas útiles para comprender las características fundamentales del movimiento de los mercados, promoviendo así el estudio y desarrollo de nuevas herramientas que permitan una caracterización total del mercado bursátil.

2.3. TERCER GRADO

- Al conocer y comprender las características e implicaciones teóricas que el mercado bursátil imprimen al precio de las acciones e interpretando dichas características bajo el concepto de los modelos teóricos actuales es posible comprender en profundidad la dinámica del mercado teniendo así una aproximación parcial por medio de los planteamientos teóricos tradicionales, planteamientos que finalmente llevan a tener la posibilidad de explorar nuevas alternativas en los estudio permitiendo así tener mayor seguridad a la hora de tomar decisiones administrativas como lo son las decisiones tomadas bajo los resultado del VaR.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar en profundidad las metodologías para el cálculo del VaR, buscando la metodología indicada para el cálculo del mismo, de tal manera que se determine las posibles pérdidas que un inversionista pueda tener en diferentes portafolios óptimos de inversión en el mercado de renta variable colombiano.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer la importancia y pertinencia que el VaR tiene como herramienta para tomar decisiones administrativas y financieras.
2. Estudiar las metodologías aceptadas académicamente para la aproximación del VaR
3. Identificar nuevas metodologías con las cuales se pueda calcular mejor el valor real del VaR.
4. Establecer los modelos comúnmente empleados en el diseño y valoración de portafolios, para compararlos con las nuevas metodologías identificadas.
5. Contrastar los resultados teóricos del VaR obtenidos en esta investigación, con los valores reales en un horizonte de tiempo determinada, para validar la calidad de las respuestas obtenidas.

3.3. BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN

El resultado de la investigación permitirá evaluar diferentes métodos para el cálculo del valor de riesgo VaR, definiendo cuál es el que mejor responde a las necesidades de los inversionistas en lo que respecta a la administración de sus portafolios de inversión, generando así mayor confianza al momento de buscar rentabilidades de acuerdo al nivel de riesgo que se desee asumir y facilitando la toma de decisiones.

3.4. LIMITACIONES PREVISIBLES

El mercado accionario colombiano, al ser un mercado relativamente pequeño y de baja bursatilidad tiene sus limitantes al momento establecer la aplicabilidad del modelo o metodología propuesta, igualmente al existir una alta dependencia de algunos grupos económicos y una alta relación entre las grandes empresas la diversificación puede resultar difusa. Para tratar de mitigar esta limitación se analizará el contexto económico, político y social de los resultados obtenidos.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Con el objetivo de cumplir sus metas y generar mayor valor en sus finanzas las personas tanto naturales como jurídicas han identificado la necesidad de invertir los excedentes económicos. Una de las posibilidades de inversión son las operaciones de renta variable, sin embargo, la administración y gestión del riesgo debe ser un mandato, ya que este tipo de mercados, aunque pueden traer fructíferos dividendos también es posible que genere grandes pérdidas.

En el último medio siglo por la necesidad de teorizar muchos de los resultados obtenidos en la interacción de los mercados, y principalmente en los últimos treinta años por la necesidad de asegurar las inversiones y de tener los mecanismos más confiables que soporten los dineros que los inversionistas están dispuestos a prestar, aparece el concepto de Valoración en Riesgo, como un mecanismo matemático para estimar las pérdidas máximas que un inversionista puede afrontar en un periodo de tiempo determinado.

Para la validación de los resultados se utilizarán los datos de los últimos 5 años, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y será utilizado el año 2015 como dato de prueba para contrastar los resultados obtenidos por la utilización de las metodologías propuestas. Con dichos contrastes se valida o refuta la hipótesis inicial: existen mejores metodologías para el cálculo de VaR, que la comúnmente utilizada, el método Delta – Normal.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. TEÓRICO

Si se desea aplicar alguna de las metodologías tanto para interpretar los datos como para estimar el valor en riesgo en un horizonte de tiempo determinado, es necesario hacer uso de todas las consideraciones estadísticas que estén acordes con la calidad de datos que se están analizando.

5.1.1. Estadísticos descriptivos

Se define estadística como la ciencia que permite interpretar y reconocer patrones en series de datos, con el fin de entender y tomar decisiones racionales. Es utilizada en diferentes ramas: Medicina, Economía, Administración e Ingeniería. Básicamente en la actualidad toda la información con la que se toman decisiones es basada en datos estadísticos, un ejemplo de esto son los indicadores o datos que manejan los diferentes estados: inflación, interés, TRM, entre otros.

Como su nombre lo indica la estadística descriptiva busca luego de realizar un análisis a una serie de datos, extraer conclusiones sobre el comportamiento de los datos, por lo tanto, busca entregar a la persona que está interpretando los datos, herramientas que le permitan tomar decisiones. [6]

Media

Se considera media al número que representa a un conjunto de datos y que es obtenido mediante una serie de operaciones matemáticas. Teóricamente se consideran diferentes tipos de promedios: Media Armónica, Media Geométrica, Media Aritmética Ponderada, y Media Aritmética, entre otras. Para efectos del presente documento se utilizarán las dos últimas medias mencionadas.

Media Aritmética

Consiste en la suma algebraica de los resultados muestrales dividido por el número total de datos obtenidos. Esta media es la más utilizada estadísticamente. **Ecuación N° 1**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Ecuación 1: Media Aritmética

Media Aritmética Ponderada

Se utiliza cuando a algún o a algunos datos dentro del conjunto total de datos se les desea dar un mayor peso probabilístico o en otras palabras, cuando dentro de la media se les da una mayor probabilidad de ocurrencia. **Ecuación N° 2**

$$\bar{x} = \frac{x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad \text{Ecuación 2: Media Aritmética Ponderada}$$

Covarianza

La covarianza indica el sentido de la correlación entre las variables, es decir si dos variables se mueven en la misma dirección o en distintas direcciones. La covarianza puede ser medida por 3 diferentes coeficientes de correlación los cuales son Kendall, Spearman y Pearson, si al ser calculados el coeficiente arroja un valor entre 0 y 1 esto quiere decir que tienen una correlación positiva y las variables son directamente proporcionales, por el contrario, si arroja un valor entre 0 y -1 las variables poseen una correlación negativa por lo tanto, las variables son inversamente.

Varianza

Suma de los cuadrados de las diferencias con respecto a su media de un conjunto de valores dividida por su número. **Ecuación N° 3 Varianza**

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2 * n_i}{N} \quad \text{Ecuación 3: Varianza}$$

Es un estadístico ampliamente estudiado y utilizado para describir el comportamiento y los posibles valores que representarían en forma efectiva a un conjunto de datos. Normalmente es más usada la desviación estándar que resulta de simplemente de la raíz cuadrada de la varianza [7]. Este estadístico es ampliamente utilizado y aceptado como la medida de dispersión de los datos respecto a la media; típicamente se asocia con la distribución normal donde se asume:

- A una desviación estándar se $(\bar{x} \pm \alpha)$ encuentra el 68% de los datos
- A una desviación estándar se $(\bar{x} \pm 2\alpha)$ encuentra el 95% de los datos
- A una desviación estándar se $(\bar{x} \pm 3\alpha)$ encuentra el 99% de los datos

5.1.2. Datos aleatorios.

Se definen datos aleatorios, a los datos que son obtenidos mediante un experimento aleatorio, entiendo por experimento aleatorio el evento cuyos resultados dependen exclusivamente del azar [8]. En otras palabras, se puede definir experimento aleatorio cuando al repetir las mismas condiciones iniciales de un experimento determinado, los resultados no se pueden predecir y por lo tanto los resultados no siempre serán los mismos.

Para comprobar la aleatoriedad de una serie determinada de datos, principalmente se realizan pruebas de frecuencias correspondientes a la prueba Kolmogorov Smirnov y la prueba Chi cuadrado que miden la uniformidad de los datos. De igual forma es necesario determinar la independencia de los datos, esto se logra mediante pruebas de corridas o pruebas de autocorrelación.

En estadística se entiende que dos datos son independientes cuando la aparición de un evento no influye en la aparición del otro evento, o en otras palabras que la probabilidad de ocurrencia de un evento no influye en la probabilidad de ocurrencia de otro evento. De este hecho se derivan importantes propiedades de la estadística en general ya que para aplicar el ajuste mediante distribuciones teóricas y en general, para realizar estimaciones mediante una serie de datos empírica es necesario que la aparición de un evento no influya en la aparición del siguiente evento o en general, no influya en la aparición de un evento en un tiempo n determinado.

Por uniformidad se entiende al hecho de que los datos deben estar distribuidos con igual probabilidad de ocurrencia en el intervalo comprendido entre $[0,1]$, por lo tanto se considera que deben seguir una distribución teórica uniforme.

Básicamente para realizar las pruebas es posible como lo describe el Doctor Carlos Julio Zapata en el capítulo 6 del documento Análisis Probabilístico y Simulación [9], se debe plantear una hipótesis nula y una hipótesis alternativa en donde se contraste los puntos que se desean corroborar (H_n : los datos son Aleatorios; H_o : los datos no son Aleatorios). La metodología propuesta en el artículo mencionado anteriormente se describe en la Figura N° 1

Prueba de aleatoriedad

1. Sean:

n_1 : Cantidad de datos menores a la mediana de la muestra.

n_2 : Cantidad de datos mayores a la mediana de la muestra.

U : Sucesión de datos continuos menores o mayores a la mediana de la muestra.

2. Definiendo:

$$\mu_U = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}$$

3. El estadístico de prueba es:

$$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U}$$

4. Hipótesis nula: Los datos son aleatorios

Hipótesis alterna: Existe un patrón en los datos que se repite con frecuencia, es decir, existe tendencia en el proceso o fenómeno que produce los datos

5. Criterio de decisión: Se rechaza la hipótesis nula si $z < -z_{\alpha/2}$ ó $z > z_{\alpha/2}$

Ilustración 1: Prueba de aleatoriedad.

Fuente: Análisis probabilístico y simulación. Carlos Julio Zapata

De igual forma se pueden utilizar software estadístico tales como Stat Fit o MatLab ya que dichos programas dentro de sus motores estadísticos tienen estas pruebas incorporadas.

Corridas hacia arriba y hacia abajo

Se considera una corrida cuando en una serie de datos, aparece un conjunto de subdatos que se encuentran ordenados en forma monótonamente creciente o decreciente. Y con base a esto se realizan diferentes pruebas ya que se ha demostrado teóricamente que con un número de datos superiores a veinte el número de corridas tiene una distribución normal estándar con media y varianza conocida.

Test de autocorrelación

Para esta prueba se identifica si se presenta alguna relación en la repetición de determinados valores cada cierto tiempo, por ejemplo, se identifica si cada cinco, diez o veinte observaciones aparecen los datos mayores o menores. Generalmente esta prueba se realiza mediante una observación directa sobre la gráfica generada de la aparición cronológica versus los datos observados. En este grafico es donde se intentan encontrar cualquier tipo de correlación entre los datos.

Kolmogorov Smirnov.

Prueba estadística no paramétrica en la cual se compara la secuencia de datos con la distribución uniforme. Para ello se ordena la secuencia empírica de datos de menor a mayor, luego se acumula dicha secuencia teniendo como base que el total de los datos están oscilando entre 0 y 1 (ya que es una secuencia uniforme). En este punto se calcula la secuencia acumulada teórica correspondiente a la distribución uniforme y dependiendo a la posición correspondiente en el orden establecido al inicio se identifica la máxima desviación del dato empírico con el dato teórico correspondiente a la distribución uniforme, este dato se compara con el dato obtenido en la tabla Kolmogorov-Smirnov que dependiendo del nivel de confianza con el que se desee trabajar y con el número de datos utilizados entrega un valor que es comparado con el último dato obtenido anteriormente y si ese número es menor al obtenido en la tabla se acepta que los datos siguen una distribución uniforme y por lo tanto se consideran aleatorios [10].

Chi-Cuadrado

Para realizar esta prueba también se deben realizar los pasos anteriores hasta llegar al punto de comparar todos los datos empíricos con los datos teóricos, con la diferencia que llegado a este punto se acumulan las diferencias entre los datos teóricos y los empíricos, y se comparan con la tabla del estadístico Chi-Cuadrado que depende de la confianza con la que se desee establecer la prueba y los grados de libertad con los cuales se esté trabajando⁹.

Distribuciones de probabilidad

Se define como la función que permite calcular todos los posibles eventos que se puedan dar en un determinado evento y le define una probabilidad de ocurrencia a cada uno de estos eventos [11]. Las distribuciones de probabilidad tienen dos características fundamentales:

- Cada uno de los posibles eventos tiene una probabilidad de ocurrencia que está en el intervalo de [0,1]
- La sumatoria de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de esos eventos siempre tiene que totalizar 1.

Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP)

Se entiende por función de distribución de probabilidad como la ecuación que acumula la probabilidad de ocurrencia hasta un valor determinado. De esto se puede interpretar que el resultado dado por una FDP en un punto específico es nulo.

Por lo tanto, se puede concluir que una FDP da como resultado la probabilidad de ocurrencia hasta un dato x : $F(x)=P(X\leq x)$. [12].

Momentos estadísticos

Los momentos son considerados como variables que se obtienen de realizar análisis sobre determinada serie de datos aleatorios. Estas medidas se consideran realmente representativas en los datos ya que si el momento estadístico de una serie de datos es igual al momento de una distribución de probabilidad teórica se entiende que los datos se comportan igual que la distribución teórica y mientras más parecidos son estos datos más semejanzas existirán entre la serie estudiada y la determinada distribución teórica. Esta es la base de los procesos de predicciones o simulaciones. [13] Típicamente se consideran dos momentos:

Momento respecto al origen

Este momento representa una medida de tendencia central, se considera que la tan conocida media o promedio de la distribución normal es un caso particular del primer momento estadístico

Momento respecto a la media

Este momento se considera como una medida de dispersión e igual que en el caso anterior la conocida varianza es un caso particular del segundo momento estadístico. [14]

5.1.3. Coeficientes de correlación.

Los coeficientes de correlación representan la asociación entre dos variables e intentan definir como el comportamiento de una variable puede influenciar la respuesta o el comportamiento de otra variable. Siempre se estudia o se plantea la relación entre parejas de variables. Estos rangos están definidos como un número que oscila en el rango cerrado de entre 1 y -1, siendo uno una relación completamente directa, -1 una relación inversamente proporcional y 0 un indicador de que las dos variables no guardan ningún tipo de relación y por lo tanto la respuesta de una variable no afecta en nada la respuesta de la otra. Para el caso de las acciones es muy difícil encontrar esto último ya que siendo un mercado cerrado y una económica pequeña como la colombiana, necesariamente el comportamiento de una acción influye en el comportamiento de las otras.

Académicamente se plantean dos tipos de coeficientes de correlación: coeficientes de correlación lineal y coeficiente de correlación por rangos.

El coeficiente de correlación de Pearson es de tipo lineal, es el más ampliamente usado y aceptado, sin embargo este coeficiente solo representa la relación lineal entre dos variables dando esto como resultado que los datos atípicos impacten mucho este

coeficiente. También es criticado académicamente, ya que deja por fuera del estudio las relaciones no lineales que se pueden presentar entre las variables. [15]

Para el caso del coeficiente de correlación por rangos, este tiene dos exponentes: el coeficiente de correlación de Spearman y el coeficiente de correlación de Kendall, estos dos coeficientes son recomendados como una medida alternativa cuando los datos no siguen una distribución normal o cuando estos presentan variables aleatorias ya que no impactan tanto el resultado global del coeficiente. [16]

5.1.4. Pruebas de bondad y ajuste.

Al realizar este tipo de pruebas se busca determinar si el comportamiento de un grupo de datos puede ser representando o modelado por una distribución de probabilidad teórica (Normal, Binomial, Beta, Poisson...) La necesidad de encontrar esta relación entre una distribución teórica y los datos observados nace como respuesta al requerimiento estadístico de tener que analizar varios escenarios. [17] [18]

5.1.5. Métodos tradicionales para el cálculo del Valor en Riesgo

Es imperativo para cualquier institución conocer la cuantía máxima de la pérdida que puede derivarse de la exposición frente al riesgo del mercado, este interés puede describirse como una medida de control y limitación del riesgo ó desde una perspectiva de los rendimientos que se obtengan bajo una exposición determinada.

El Valor en Riesgo (VaR) aporta una cuantificación para la mencionada pérdida, asociándola a un grado de confianza estadística conocido. La utilización de esta herramienta se ha generalizado a lo largo de varios años, donde se ha destacado el impulso e importancia que se le dio en el Comité de supervisión Bancaria de Basilea, en el cual se adoptó de carácter obligatorio. [19]

De acuerdo con el trabajo de Mori [20], para la determinación del Valor en Riesgo deben seguirse tres etapas:

- Identificación e introducción en el modelo de la información sobre cambios en el entorno, que afecten al valor de la cartera. En términos generales se basa en identificar los factores de riesgo y aquellas variables que pueden afectar el valor final del VaR.
- Medición de la sensibilidad de la cartera: Esta etapa se basa en determinar que tanto puede afectar el valor de la cartera ante una variación unitaria en cada uno de los factores de riesgo identificados.

- Estimación de la pérdida máxima que puede experimentar la cartera, con un nivel de confianza estadístico, esta estimación dependerá del modelo o método utilizado para medir la volatilidad y el comportamiento futuro de los datos analizados.

De acuerdo a lo mencionado y en relación a la literatura para la estimación del riesgo son propuestas en general tres metodologías: la primera, un enfoque no paramétricas, otra que consiste en metodologías semiparamétricas y finalmente un enfoque paramétrico (Alonso y Serna, 2009) [21], la primera es considerada como la valoración histórica que parte de la premisa de que el pasado se repite y que con cierta confianza un valor del pasado está predispuesto a repetirse en el futuro. La segunda, utiliza tanto aproximaciones por medio de una distribución, como supuestos empíricos del tipo utilizado en las aproximaciones no paramétrica. Por ultimo las distribuciones paramétricas son los estudios hechos con alguna distribución estadística, encontrando en general el primer y segundo momento estadístico.

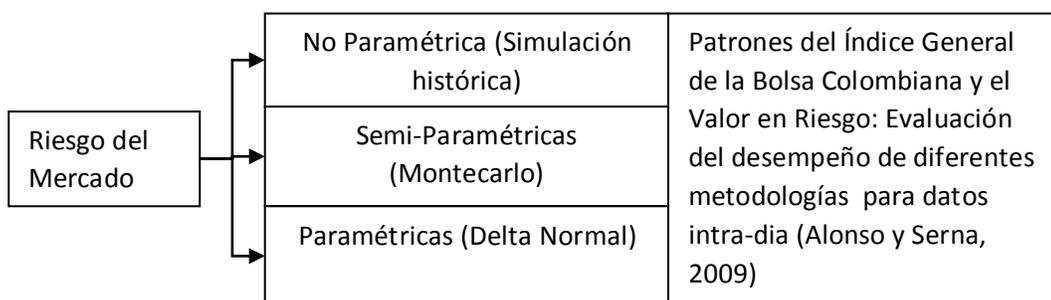


Ilustración 2: Tipos de Medidas

Fuente propia. Evolución años 90's del estudio del riesgo financiero

Las metodologías semiparamétricas que principalmente están basadas en la Teoría de Valores Extremos, al final de los años 90's han tomado gran importancia por la volatilidad de los mercados financieros. (Según Alcalde, 2005) [22] esta metodología tiene la ventaja que puede estimar valores que quedan fuera de posibilidades comunes.

Las metodologías más estudiadas y las que por mucho resultan ser las más utilizadas son las metodologías paramétricas, que se basan en el estudio de distribuciones de probabilidad tanto univariadas como multivariadas. Ilustración N° 3. Teorías tales como la valoración del riesgo por la normal, y la valoración del riesgo por la distribución t-Student que anteriormente se han mencionado, forman parte de las metodologías paramétricas univariadas. De igual forma dentro de estas metodologías están las distribuciones que se pueden ajustar mediante pruebas de bondad y ajuste a los retornos diarios de las acciones, y mediante los estimadores paramétricos de máxima verosimilitud se

encuentran los parámetros y en este punto se puede aproximar los retornos dependiendo de la confianza con la cual se desee aproximar.

Dentro de las metodologías de aproximación mediante distribuciones multivariadas, están la distribución normal multivariante, o la t-Student multivariada. De igual forma dentro de estas metodologías se encuentran las cópulas que básicamente consisten en un grupo de distribuciones con las cuales se aproxima el valor del riesgo de un portafolio mediante la interacción de un grupo de variables. Para tales relaciones se han estudiado diferentes grupos de coeficientes de correlación, tales como Spearman, Pearson y Kendall, encontrando que, aunque el coeficiente lineal de Pearson es el más utilizado este no es un buen indicador ya que asume normalidad y linealidad en los datos; para este tipo de datos se recomienda utilizar el coeficiente de Spearman o de Kendall (Becerra y Melo) [23].

De igual forma dentro de las metodologías paramétricas están contemplados los modelos de series de tiempo tanto univariadas como multivariadas. Modelos tales como las series ARIMA, las series ARCH y GARCH han sido estudiados ampliamente, estos modelos tienen la característica que son modelos interactivos ya que son modelos en los valores de los parámetros encontrados van siendo reajustados a medida que la variable tiempo va arrojando nuevos resultados para alimentar las series de tiempo.

PARAMÉTRICAS	DISTRIBUCIONES	Normal
		T-Student
		Logistic
		Multivariante Normal
		Cópulas
	MODELOS	ARIMA
		ARCH
		GARCH
		Univariados
		Multivariados

Ilustración 3: Medidas paramétricas

Fuente propia. Aproximaciones más comunes por las metodologías paramétricas

Igualmente se pueden utilizar modelos empíricos o propios para encontrar aproximaciones a los valores del riesgo. Dichos modelos son propuestos mediante análisis de regresión sobre las series de tiempo. Dependiendo de las pruebas de bondad y ajuste estos pueden ser modelos que involucran polinomios de diferentes grados o funciones básicas tales como la exponencial, el logaritmo o en algunos casos combinación de varias funciones.

Simulación Histórica

El método de simulación histórica, se ubica dentro del grupo de herramientas no paramétricas para el cálculo del Valor en Riesgo, esta no supone ninguna función de distribución para las pérdidas o ganancias y se puede definir técnicamente como la variación máxima que puede experimentar el valor de un cartera como consecuencia de la exposición frente al riesgo de mercado, a lo largo de un periodo histórico determinado, dentro de un percentil prefijado, donde este percentil ofrece el nivel de fiabilidad estadística del importe calculado.

La condición para aplicar de la mejor manera este método, en el cual no se realiza ninguna hipótesis estadística sobre el comportamiento de los rendimientos, lo constituye la elección del periodo histórico a considerar.

El proceso de cálculo del Var por medio de simulación histórica se realiza de forma sencilla, en primer lugar, suponiendo que se cuenta con información diaria y que se define un precio representativo de cada día (por ejemplo, el precio de cierre). [24] A continuación, se calculan los retornos diarios de la muestra seleccionada:

- Con una muestra de N observaciones de precios, se tiene N-1 retornos, R1, R2,..., Rt,..., Rn-1, Rn, con $n \in N-1$. La posición actual tiene un valor de mercado M. Sea Pt la rentabilidad, medida en dinero, sobre M en la fecha t. **Ecuación N° 4**

$$P_t = M R_t$$

Ecuación 4: Rentabilidad

Posterior a esto, se ordena los valores calculados de menor a mayor. **Ecuación N° 5**

$$P_{1:n} \leq P_{2:n} \leq \dots \leq P_{j:n} \leq \dots \leq P_{n:n}$$

Ecuación 5: Rentabilidad Ordenada

Donde P1: n es la pérdida mayor observada en la muestra de tamaño n, P2: n es la segunda mayor pérdida, y así sucesivamente.

Un estimador del VaR por simulación histórica (SH), en valor absoluto, para un nivel de confianza R, viene dado por. **Ecuación N° 6**

$$\text{VaRSH (R)} = -P_{j^*: n} \quad \text{Ecuación 6: Valor en Riesgo Simulación Histórica}$$

Donde j^* es el número entero que satisface. **Ecuación N° 7**

$$\frac{j^* - 1}{n} < 1 - R \leq \frac{j^*}{n} \quad \text{Ecuación 7: Valor en Riesgo Simulación Histórica}$$

Montecarlo

Partiendo de una serie de datos se pueden replicar cuantas veces sean necesarias otras series de datos que en resumen estarán bajo las mismas condiciones que la serie de datos original. Dicho evento se consigue con el llamado método de simulación de Monte Carlo, este método busca con base en estos datos encontrar la distribución teórica, que mejor describe dichos conjuntos de datos. Esto se logra mediante las denominadas pruebas de bondad y ajuste, dichas pruebas generalmente son realizadas por el test de Kolmogorov – Smirnov o por la prueba Chi Cuadrado, siendo esta última las más utilizada y en parte la más confiable, ya que utiliza rigores matemáticos y estadísticos para comparar.

Con la distribución teórica se busca estimar los parámetros característicos de dicha distribución con base en la serie de datos de la cual se dispone; dichos parámetros son estimados bajo el método de estimadores de máxima verosimilitud, el cual básicamente, utiliza la serie de datos históricos para encontrar el o los parámetros característicos de la distribución teórica que hacen que dicha serie de datos tenga la más alta probabilidad de volver a ocurrir bajo condiciones totalmente aleatorias.

En este punto, se utiliza el generador de procesos de la distribución teórica, para hallar cuantas corridas sean necesarias o se consideren convenientes. Cada corrida debe ser generada bajo condiciones aleatorias, por tal motivo es recomendado utilizar el generador congruencial multiplicativo de números pseudos-aleatorios y en cada corrida utilizar una semilla diferente como número inicial de dicho generador. Al tener diversas corridas se generan solo una corrida, siendo el promedio ponderado la forma más fácil y directa para generarlo.

Cuando la serie de datos no se ajusta a ninguna de las distribuciones teóricas conocidas, se dice que la serie de datos tiene una distribución empírica. El tratamiento con este tipo de distribuciones para aplicar el Método Monte Carlo, es totalmente diferente.

En primera medida se debe generar la distribución de probabilidad acumulada de la serie de datos, esto fácilmente se obtiene generando un histograma; en una distribución acumulada las probabilidades están obviamente entre cero y uno por lo tanto es posible replicar directamente la ocurrencia de los eventos al generar números aleatorios.

Sin embargo, con este método solo es posible repetir aleatoriamente cuantos números de intervalos se han generado para acumular las frecuencias, por lo tanto, prácticamente se estaría discretizando la distribución haciendo que en últimas pierda gran cantidad de información.

En lo que respecta a su aplicación para el cálculo del VaR el método de simulación Montecarlo reconstruye las distribuciones de precios o factores de mercado a partir de la historia, cabe destacar que esta hace parte del grupo de herramientas no paramétricas, el método funciona simulando escenarios futuros sobre el comportamiento de variables financieras seleccionadas con base en una estructura o distribución determinada, que involucra la media, la volatilidad y la relación existente entre estas variables.

Al ser un método de valoración global, Montecarlo es una alternativa más robusta y exacta para el cálculo del Var de una cartera porque tiene en cuenta pagos de la renta no-lineales, efectos decadencia temporal, riesgos de volatilidad, cambios del riesgo en el tiempo, colas anchas y escenarios extremos que generalmente se ignoran en el enfoque delta-normal. [25]

El método se puede aplicar en dos partes, el primero es especificar un proceso estocástico para las variables financieras, así como para los parámetros del proceso; los parámetros tales como el riesgo y las correlaciones se pueden deducir de los datos históricos, en segundo lugar, la trayectoria de precios ficticios se simula para todas las variables de interés. En cada horizonte considerado, la cartera se cotiza utilizando diariamente la valoración completa como en el método de simulación histórica. **Ecuación N° 4**

Cada una de estas realizaciones deben ser generadas a partir de una función de distribución de probabilidades que represente al proceso estocástico simulado, es decir, por ejemplo, los retornos simulados para una acción específica deben ser generados de una distribución normal con media 4% y desviación estándar 2%. Alternativamente, estos retornos pueden ser generados a través de un muestreo (con reemplazo) de la data existente histórica por medio de la técnica del bootstrapping, por tanto estos se utilizan para recopilar una distribución de rendimientos, de la cual se puede medir un número del VaR.[26]

Este método es similar al método de simulación histórica, excepto en que los cambios hipotéticos en los precios para el activo i en la **Ecuación N° 4** se crean mediante extracciones aleatorias de un proceso estocástico pre especificado.

Como se percibe el método Montecarlo, tiene mayor robustez y se presenta como una opción completa para el cálculo del Var, sin embargo, este requiere de mucha información y fácilmente puede tener problemas para ser implementado. Además, requiere de hardware con una alta capacidad de procesamiento y software especializado.

Delta Normal

El método Delta Normal es la herramienta paramétrica para calcular el Var más simple y sencilla de usar, se basa en la hipótesis de normalidad para conducir los factores de riesgo, en este caso asume que los retornos tienen una distribución normal e idénticamente distribuida de manera que si los retornos esperados para un portafolio de n activos se definen como

$$E(R_{p,t+1}) = \sum_{i=1}^n w_{i,t} * E(R)_{i,t+1} \quad \text{Ecuación 8: Retornos para un activo n}$$

Donde los pesos $w_{i,t}$ están indizados por el tiempo para establecer la naturaleza dinámica de la negociación de los portafolios, en lo que respecta a la varianza del portafolio se define como:

$$\sigma_p^2 = w_t^i \sum_{t+1} w_t \quad \text{Ecuación 9: Varianza de un portafolio}$$

En el cual, w es un vector columna de ponderadores no negativos que suman uno, y Σ define la matriz de varianzas y covarianzas para los retornos de los n activos.

Luego de definir la matriz de varianzas y covarianzas basado en el histórico de los retornos y con la ponderación de los instrumentos que conforman el portafolio se calcula el VaR considerando generalmente un nivel de significancia establecido, típicamente de un 5%, lo que implica un ajuste de la volatilidad de 1,645 [27]. **Ecuación N° 10**

$$\text{Var}_p = \alpha * \sqrt{w_t^i \sum_{t+1} w_t} \quad \text{Ecuación 10: Valor en Riesgo Delta - Normal}$$

En síntesis, el método Delta Normal simplifica el proceso para el cálculo del Var:

- Especifica una lista de factores de riesgo.

- Transforma la exposición lineal de todos los instrumentos del portafolio sobre estos factores de riesgo.
- Agrega estas exposiciones mediante instrumentos.
- Estima la matriz de covarianza de los factores de riesgo.
- Calcula el riesgo del portafolio.

5.2. CONCEPTUAL

Como uno de los objetivos principales de las naciones se encuentra el controlar los índices económicos, propendiendo al desarrollo y crecimiento, por lo cual se han definido estructuras que han permitido a diferentes agentes económicos participar en los escenarios construidos, dentro de estos escenarios las bolsas de valores juegan un papel importante, ya que son los centros donde personas naturales o jurídicas con excedentes de capital buscan rentabilidades, en consecuencia de apalancar proyectos de crecimiento.

En el año 1991 básicamente nace lo que actualmente se conoce como el gobierno colombiano, después de que se desinstala nuevamente el Congreso (instaurado en 1959), presionados en parte por la corriente neoliberal y la apertura económica y en parte por las presiones políticas y sociales internas, se crea una asamblea constituyente para modificar nuevamente la Carta Magna; esta vez los 70 miembros de dicho Asamblea son elegidos por voto popular. Esta modificación a la constitución colombiana trae grandes cambios al gobierno y la democracia como tal. [28]

Siguiendo el tradicional pero efectivo principio de Montesquieu, en Colombia se ha establecido la división del poder público en: Ejecutivo, Legislativo y Judicial, adicional a unos cargos de control específicos que también se contemplan dentro de estas teorías. [29]

Por otro lado, el Sistema Financiero Colombiano básicamente se contempla como el conjunto de instituciones, normas, instrumentos y regulaciones encargadas de captar, administrar y distribuir el dinero.

Esta figura básicamente, nace por la necesidad existente entre unos individuos que tienen excedentes de capital y necesitan ponerlo en circulación y otros individuos que tienen la necesidad de conseguir capital para realizar sus múltiples obligaciones financieras [30].

Este comprende el mercado bancario, también llamado intermediado, y el mercado de valores, también llamado desintermediado. En el mercado bancario la transferencia de recursos de los sectores superavitarios a los sectores deficitarios tiene lugar a través de entidades que actúan como intermediarios (tales como establecimientos bancarios), que,

separada e independientemente, se relacionan con los depositantes y con quienes requieren financiación.

En el mercado de valores, la transferencia de recursos de sectores superavitarios a sectores deficitarios tiene lugar a través de una relación directa entre ambos sectores mediante la emisión de valores, a pesar de que no se evidencia que no exista una intermediación de alguna entidad financiera (Bancos), la transferencia de recursos se debe realizar de manera organizada, a través de profesionales autorizados (ciertas entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera) que actúan como intermediarios del mercado de valores, los cuales realizan operaciones que tengan por finalidad o efecto el acercamiento de demandantes y oferentes en los sistemas de negociación de valores.

5.2.1. Gobierno Colombiano

Luego de la Independencia de Colombia en 1811, a finales de ese mismo año y principios del 1812 se crea el primer vestigio de parlamento o congreso que dirigiría el destino de Colombia, se crea con 19 miembros, 1 por cada 10.000 habitantes, se establece que cada año debe haber 2 sesiones de 60 días cada una, que eran posibles las reelecciones siempre y cuando no fueran continuas y que cada periodo tenía una duración de 2 años.

Un Congreso plenamente estructurado se crea en 1819 a consecuencia de que Bolívar incentivara la creación de un reglamento bajo el cual se establecería un congreso constituyente, lo que da lugar, a que finalmente, en el año 1821 se cree la primera constitución de Colombia. Allí se crea el Escudo Nacional y se establecen las condiciones bajo las cuales es posible que los habitantes del territorio participen en las votaciones

En los siguientes años se establece que se contara con un representante por cada provincia y que el periodo para los senadores es de 9 años y para los representantes es de 4 años, igualmente para ser legislador era necesario tener más de 40 años. Posteriormente se reduce a 4 años para los senadores y que debe haber uno por cada 60.000 habitantes. Con respecto a la cámara de representantes se establece que el periodo es de 2 años y que debe haber uno por cada 25.000 habitantes. Para este mismo periodo (década de 1830) se establece una multa por inasistencia a las sesiones del congreso.

Los siguientes años no fueron diferentes, se siguen presentando discriminaciones entre las diferentes clases sociales, condiciones educativas y no se le concede el voto a la mujer. Cambian una y otra vez los periodos de las dos cámaras varían y se establecen los dos partidos políticos que por años dominarían el país: Liberal y Conservador. Para la

década de 1930 se establece la obligatoriedad de la cedula de ciudadanía y se le da más poder al Congreso de la Republica para que nombre cargos importantes dentro del Gobierno colombiano.

En relación a la muerte de Gaitán finalizando la década del 1940 se decide Clausurar el congreso y para 1952 se crea nuevamente una Asamblea constituyente para que reforme y reescribe las leyes colombianas. Pero lo que en el momento se conoce como Congreso realmente nace en el año 1959 cuando se establece el periodo definitivo de 4 años para ambas cámaras. En la siguiente década llega la primer mujer congresista de la historia de Colombia.

Luego de diferentes rebeliones políticas y civiles en el año 1991, se desinstala nuevamente el Congreso y se crea una asamblea constituyente para modificar nuevamente la Carta Magna; esta vez los 70 miembros de dicho Asamblea son elegidos por voto popular. Esta modificación a la constitución colombiana trae grandes cambios al gobierno y la democracia como tal.

En Colombia se ha establecido la división del poder público en: Ejecutivo, Legislativo y Judicial, adicional a unos cargos de control específicos que también se contemplan dentro de estas teorías.

En cuanto al poder legislativo se establece que la base de todo reglamento interno del país esta abalado por la Constitución política, si algo está en contra de la Carta Magna no tendrá cabida dentro del Estado Colombiano, de allí se derivan ciertas normas que son desarrolladas específicamente por Gobierno Central, de allí específicamente hay ciertas normativas que son desarrolladas por cada uno de los Gobiernos Departamentales o Locales.

En lo que se refiere al poder ejecutivo, siendo este el más representativo y notorio por el nivel de interacción que tiene con la ciudadanía se habla que en Colombia se desarrolló un poder ejecutivo descentralizado, ya que se descentralizo el poder ejecutivo en servicios y en territorios locales que tienen una autonomía y recursos para realizar el ejercicio de sus funciones.

El poder judicial para administrar la justicia y decidir cuestiones jurídicas controversiales, se evidencian tres actos por los cuales se garantiza esto: Sentencias, Fallos y Autos.

Con respecto a los organismos de control se consideran que son entes independientes que no están bajo la jurisdicción de alguno de los poderes públicos, a saberse se

identifican tres aspectos fundamentales a defender: Control Disciplinario, Control Defensorial (Defender al Pueblo) y Control Fiscal. [31] [32]

5.2.2. Sistema Financiero Colombiano

El Sistema Financiero Colombiano básicamente se contempla como el conjunto de instituciones, normas, instrumentos y regulaciones encargadas de captar, administrar y distribuir el dinero.

Esta figura básicamente, nace por la necesidad existente entre unos individuos que tienen excedentes de capital y necesitan ponerlo en circulación, y otros individuos que tienen la necesidad de conseguir capital para realizar sus múltiples obligaciones financieras.

En Colombia el precursor y base del Sistema Financiero, es el Banco de República que nace en el gobierno del presidente Pedro Nel Ospina en el año 1922, quien contrata los servicios de Edwin Walter Kemmerer y su grupo de asesores para que determine cuál es la mejor configuración bajo la cual se puede regir el estado Colombiano. Para este año, aún se acuñaba papel moneda indiscriminadamente solo con el fin de financiar las guerras patrióticas que eran tan comunes en esta época. [33] La Misión Kemmerer recomienda lo siguiente:

- La creación del impuesto de timbre y la aparición del papel sellado
- La definición de funciones de los principales ministerios
- La conformación de un presupuesto nacional de rentas y gastos
- El establecimiento de la contabilidad oficial
- La creación de la Contraloría General de la República.

Gracias a este último punto es creado el Banco Central de Colombia, que finalmente con la reforma de la constitución del año 1991 se crea como un ente soberano y autónomo, encargado de emitir dinero, manejar las políticas cambiarias, monetarias y crediticias.

A partir del 1991 al Banco de la República se le da el rango de constitucional y se conforma como un ente independiente de los poderes públicos, claramente se define que el BR no es el banco del gobierno, ni mucho menos el banco del presidente.

Una de las principales funciones del BR es garantizar y servir de intermediario en la política monetaria, la liquidez del gobierno y su viabilidad económica. Como tal el BR no presta dinero al Estado, pero si compra bonos que este último emite, con el fin de servir en sus políticas de financiación.

5.2.3. Estructura del sistema Financiero Colombiano

El sistema financiero comprende el mercado bancario, también llamado intermediado, y el mercado de valores, también llamado desintermediado.

En el mercado bancario la transferencia de recursos de los sectores superavitarios a los sectores deficitarios tiene lugar a través de entidades que actúan como intermediarios (tales como establecimientos bancarios), que, separada e independientemente, se relacionan con los depositantes y con quienes requieren financiación. [34]

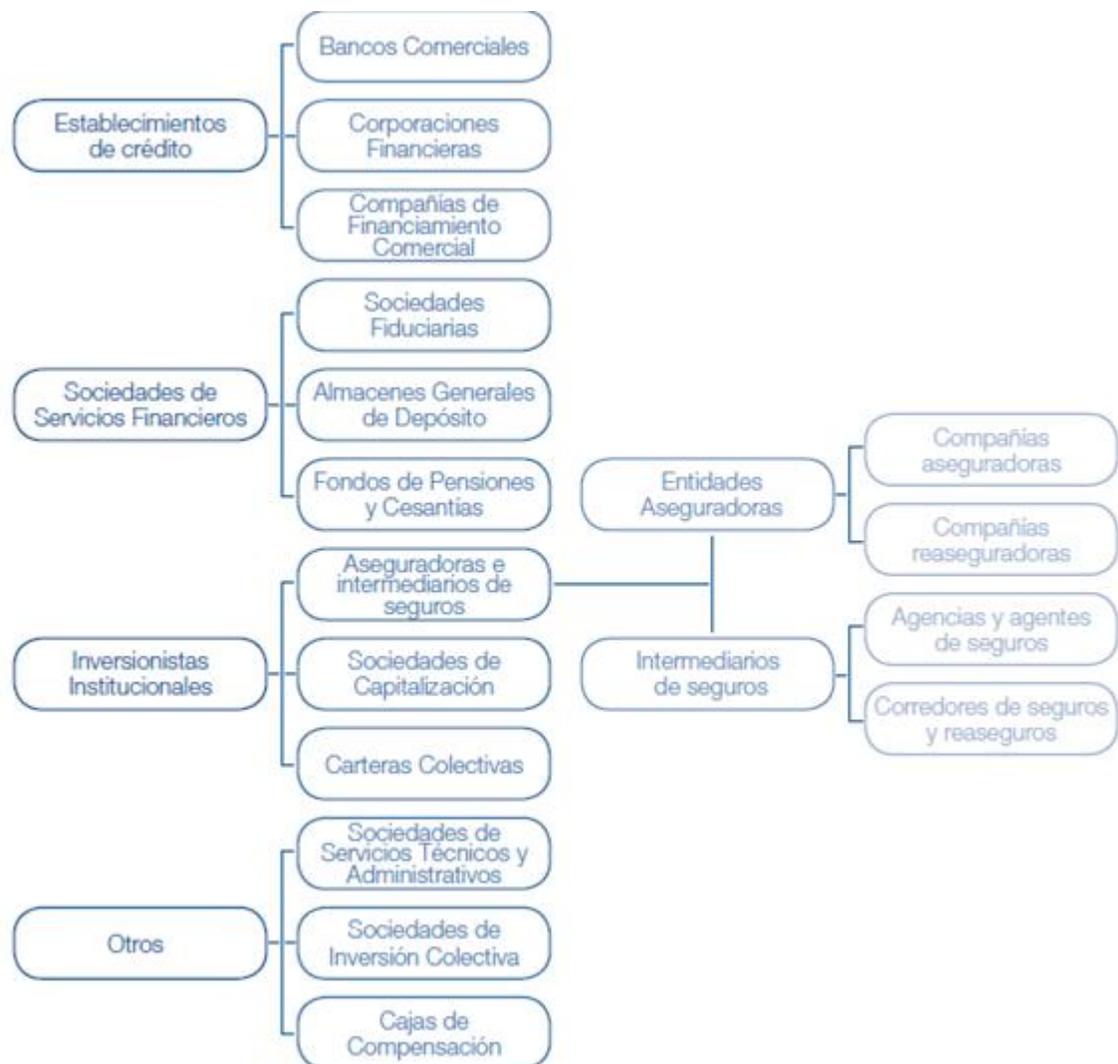


Ilustración 4. Estructura del sistema financiero.

Fuente: Guía del mercado de valores, Carlos Fradique-Méndez (2010)

En el mercado de valores, la transferencia de recursos de sectores superavitarios a sectores deficitarios tiene lugar a través de una relación directa entre ambos sectores mediante la emisión de valores, a pesar de que no se evidencia que no exista una intermediación de alguna entidad financiera (Bancos), la transferencia de recursos se debe realizar de manera organizada, a través de profesionales autorizados (ciertas entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera) que actúan como intermediarios del mercado de valores, los cuales realizan operaciones que tengan por finalidad o efecto el acercamiento de demandantes y oferentes en los sistemas de negociación de valores. [35]

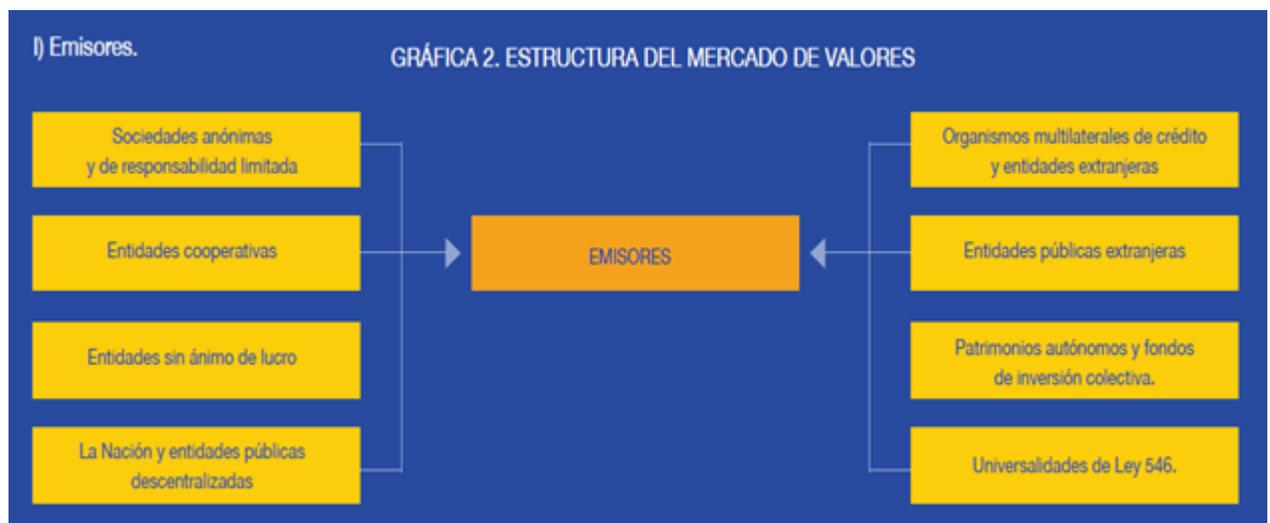




Ilustración 5. Estructura del Mercado de Valores.
Fuente: Guía del mercado de valores, Carlos Fradique-Méndez (2010)

La intermediación en el mercado bancario y el de valores presenta una diferencia sustancial, puesto que en el primero se captan los recursos para después colocarlos o disponerlos, y en el segundo simplemente los agentes autorizados solo conectan a los inversionistas y a las empresas que requieren recursos.

Es destacables que el sistema financiero tiene un rol fundamental en la economía porque funciona como medio de gestión de riesgos, provee un sistema de pagos y permite asignar un precio a los recursos financieros.

5.2.4. Bolsa de Valores

El sistema de negociación en el mercado de valores se realiza a través del mercado bursátil, el cual se refiere a las transacciones que se realizan a través de una bolsa de valores (para lo cual es necesaria la intervención de una comisionista de bolsa) o de sistemas transaccionales.

Actualmente en Colombia funciona la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), la cual nace en el año 2001, después de la fusión de las Bolsas de Bogotá, Medellín y Occidente, en ella se manejan fundamentalmente 4 mercados:

1. El mercado de Renta fija donde se negocian principalmente bonos del gobierno y bonos de empresas privadas.
2. El mercado de Renta Variable, donde se negocian las acciones de compañías inscritas en el mercado público de valores.
3. El mercado de Divisas, donde se negocia el intercambio de la moneda colombiana frente al dólar americano, que se realiza a través de la filial SET ICAP.
4. El mercado de derivados estandarizados donde se negocian futuros de tasa de cambio, así como futuros de tasa de interés y acciones. En este mercado destaca los derivados energéticos los cuales se están desarrollando con la Compañía “XM expertos en mercados”.

A pesar de la juventud que tiene la Bolsa de Valores de Colombia, el impulso que se está dando por parte del gobierno y propiamente por todos los sectores económicos, está permitiendo definir a la BVC como uno de los principales mercados en Latinoamérica.

Actualmente en la Bolsa de Valores de Colombia participan 74 empresas, de las cuales 70 son locales y 4 son de carácter extranjero, según Reporte de la WFE del año 2014, la capitalización del Mercado fue de 348.741,12 (miles de millones de Pesos), percibiéndose como un mercado accionario en crecimiento, además con el convenio que se realizó con el mercado de valores de Chile y Perú, conocido como el MILA (Mercado Integrado Latino Americano) se espera que en un futuro la integración de los países incremente estos indicadores.

Indicadores de la Bolsa de Valores de Colombia

De igual manera La Bolsa de Valores de Colombia tiene definido una metodología para el cálculo del nivel de profundización del mercado de valores, el desempeño de valores y emisores de valores y demás indicadores propios del movimiento de las acciones, los cuales son definidos a continuación:

Indicadores de profundización del mercado

La profundización o desarrollo del mercado de valores se mide de forma conjunta por el tamaño, la liquidez, la eficiencia y la concentración del mercado, mediante los indicadores que se definen a continuación:

- **Tamaño del mercado:** El tamaño del mercado accionario se mide mediante el número que resulta de dividir la capitalización del mercado por el Producto Interno Bruto (PIB).
- **Liquidez:** la facilidad de comprar o vender una acción en determinado momento a un precio justo. El nivel de liquidez o actividad del mercado de valores se mide mediante la relación entre el valor total en pesos de los valores transados en el mercado de valores y el PIB). Entre mayor sea el número, mayor es la liquidez o actividad relativa del mercado.
- **Eficiencia:** La eficiencia del mercado se mide mediante la relación entre la liquidez del mercado y su tamaño o capitalización del mercado.
- **Concentración del mercado:** La concentración del mercado se mide mediante la proporción que representa el monto total de las acciones de los diez principales emisores inscritos en bolsa contra el total de la capitalización bursátil del total del mercado.

Índices e indicadores del desempeño de valores y emisores de valores

los siguientes índices e indicadores miden, entre otros: las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la BVC, ponderadas de acuerdo con su capitalización bursátil o con su nivel de liquidez, y el comportamiento de determinado emisor o de determinado valor.

Indicadores del movimiento accionario

- **La Relación Precio Ganancia (RPG):** Mide el desempeño de un emisor en relación con sus utilidades, se calcula como el cociente entre el precio de una acción y los dividendos generados por esa acción en determinado período.
- **Coefficiente Beta:** Mide la volatilidad de una acción en particular respecto a los cambios de los precios del mercado. Para calcular este coeficiente, se compara la variación del precio de determinada acción frente a la tendencia general del mercado.
- **Coefficiente de Gini:** Mide la concentración de la propiedad accionaria. Se mide como la razón entre el área por debajo de la denominada Curva de Lorenz y el área por debajo de la curva de perfecta igualdad.
- **Q-Tobin:** Relaciona el valor de mercado y el valor patrimonial de determinada acción (Valor de Mercado/Valor Patrimonial). El valor de mercado es el precio al cual se realizan efectivamente las transacciones sobre determinada acción en el mercado, y en donde el valor patrimonial está dado por el cociente entre el patrimonio y las acciones en circulación de determinado emisor.
- **Índice de Bursatilidad Accionaria (IBA):** Mide el nivel de liquidez o facilidad con la que se compra y se vende una acción en el mercado bursátil. El IBA se calcula

con base en la frecuencia de negociación y volúmenes negociados del correspondiente valor. Con base en el resultado de este índice, una acción se clasifica en Colombia como de alta, media, baja o mínima bursatilidad. [36]

5.2.5. Riesgo

Económicamente es definido como la variabilidad que tiene cualquier acción que interactúa en el mercado de valores, etimológicamente La palabra riesgo proviene del latín “risicare”, que significa atreverse o transitar por un sendero peligroso, sin importar las diferentes definiciones que puedan encontrarse de esta palabra, todas están orientadas a definir una situación potencial (que puede producirse o no) que nos podría generar un daño en caso de que ocurra (se materialice).[37]

La palabra clave en materia de riesgo, es la incertidumbre, puesto que no se sabe si cuando se realiza una actividad se materializará un riesgo, por ejemplo, Las organizaciones de todo tipo y tamaño enfrentan factores e influencias, internas y externas, que crean incertidumbre sobre si ellas lograrán o no sus objetivos.

Generalmente en materia de inversiones, el riesgo tiene una relación directamente proporcional con la rentabilidad, puesto que si se asume un riesgo grande se espera que el retorno satisfaga lo que se está dispuesto a perder, caso contrario si la inversión presenta un bajo riesgo, la rentabilidad será también baja. [38]

5.2.6. Clasificación del Riesgo

El concepto de riesgo está asociado a toda actividad empresarial, ya que por más previsiones o estudios que se hagan siempre existen circunstancias ajenas a la empresa que puede afectar el buen funcionamiento de la misma, en resumen, a esto se le denomina riesgo.

Se identifican tres tipos de riesgo: riesgos de negocio, riesgos estratégicos y riesgos financieros.

Según los objetivos del presente trabajo es pertinente ahondar más en la definición del riesgo financiero. El riesgo financiero está relacionado con la incapacidad que las organizaciones tienen para cumplir con sus obligaciones financieras, principalmente por la posibilidad de que no puedan cumplir con el pago de intereses y amortización de deudas.

A saberse se identifican cinco tipo de riesgos diferentes asociado al riesgo financiero: riesgo de mercado, riesgo de crédito, riesgo de liquidez, riesgo operacional y riesgo legal.

Riesgo de mercado: Es el riesgo que se origina cuando los movimientos adversos en el precio de algún título, afectan las inversiones o el patrimonio de la empresa. [39]

Riesgo de crédito: es el riesgo que resulta al exponerse a operaciones del mercado, básicamente es cuando la contraparte con la que se ha estipulado una operación no cumpla su parte del trato.

Riesgo de liquidez (de mercado o de financiación): se da cuando las empresas no están en la capacidad de convertir sus activos en efectivo con la suficiente rapidez con la que se necesita, o cuando no es posible adquirir efectivo mediante pasivo cuyo costo sea razonable.

Riesgo operacional: Es el riesgo asociado a la operación de la empresa, al desempeño de los empleados y las decisiones estratégicas o políticas que adoptan las empresas, está completamente relacionado con el desempeño de la organización. [40]

Riesgo legal: este riesgo se da cuando alguna de las partes incumple alguna de las obligaciones adquiridas y por diferentes circunstancias no se puede ejercer algún tipo de presión jurídica para que esta cumpla con las obligaciones contraídas.

5.2.7. Administración del Riesgo.

Es un proceso que nace internamente en las organizaciones y tiene como objetivo, la cobertura y el manejo del riesgo para enfocar los esfuerzos organizacionales al cumplimiento de los objetivos de rentabilidad y mantenimiento de capital.

Una correcta administración de riesgo vela por mantener el valor de la empresa y de los accionistas, para ello es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se pueden resumir a continuación:

1. Identificación y selección de los riesgos: es necesario que la empresa, dependiendo de sus características identifique los riesgos a los cuales se encuentran expuestos y cuál es el nivel de sensibilidad a la variación o aparición del riesgo.
2. Evaluación y medición de riesgo: es necesario que se establezcan los mecanismos bajo los cuales se estudiará el impacto que tenga en las finanzas corporativas, la aparición de estos riesgos.
3. Establecimiento de límites de aceptación de riesgo: es necesario identificar el nivel de riesgo máximo que está dispuesto a soportar la organización, dicho nivel es

fijado dependiendo de diversos factores: Capital máximo necesario para cubrir el riesgo, posibles beneficios futuros al asumir el riesgo, liquidez necesaria con la aparición del riesgo. En general este punto es definido como un aspecto estratégico propio de cada organización.

4. Selección de métodos de administración de riesgos: Cuando ya se tiene identificado plenamente todos los aspectos anteriores, es necesario definir la posición final con la cual la organización asumirá el riesgo:
 - Evitará el riesgo: La organización se abstiene de realizar la operación que posiblemente generará el riesgo.
 - Gestionará el riesgo: mediante diferentes instrumentos se toma la decisión de optimizar la rentabilidad asumiendo o gestionando para que el riesgo sea el mínimo posible.
 - Absorberá el riesgo: Se decide cubrir el riesgo con los recursos de la organización.
 - Transferirá el riesgo: Se busca cubrir el riesgo mediante la venta del activo riesgo o mediante la adquisición de seguros o pólizas que mitigan o eliminan este riesgo.
5. Monitoreo y control: se evalúa la calidad de las decisiones tomadas y se decide que se ajuste o que se calibra con el fin de mejorar y continuar optimizando las políticas organizacionales. [41]

5.2.8. Diversificación de Riesgo y portafolios de inversión

El concepto de diversificación y de portafolio van estrechamente relacionados, ya que la diversificación, está contemplada como un principio básico de la teoría de portafolios en donde se parte del supuesto que el riesgo puede minimizarse al invertir en más de un activo, ya que los diferentes activos tienen características que los hacen únicos y por lo tanto están expuestos a riesgos completamente diferentes.

La idea parte del supuesto de que al invertir en activos que están inversamente relacionados, se mitigará el riesgo, ya que, si por uno de los activos se pierde, posiblemente por el otro se gane al tener un comportamiento inversamente proporcional. [42]

La diversificación se relaciona con los portafolios, ya que según la teoría desarrollada por Harry Markowitz se establece que un conjunto de activos (portafolio) deben ser considerados como un todo y por lo tanto necesariamente a este está sujeto a un rendimiento determinado y a un riesgo determinado. [43]

5.2.9. Modelos de diversificación de Riesgo.

Uno de los conceptos de las finanzas corporativas que más importancia tienen en el manejo del riesgo al momento de invertir es la diversificación, es decir distribuir los recursos eficientemente en varias carteras o proyectos que no estén muy correlacionados entre sí, no obstante, para hacer uso de la diversificación se deberá conocer en forma razonable la rentabilidad y riesgo de las diversas acciones y activos en general. Aquí entra en juego la teoría de carteras, a través del Modelo de Valoración de Activos, conocido como CAPM o Capital Asset Pricing Model, el Modelo de Valoración por Arbitraje (Arbitrage Pricing Theory o APT) y modelos multifactoriales.

CAPM

El Modelo de valoración de precios de activos (CAPM) se basa fundamentalmente en supuestos básicos, que permiten a los inversionistas diversificar eficientemente sus carteras de inversión, dichos supuestos son:

- No existen costos de transacción
- Todos los activos pueden ser negociados
- Cualquier activo es infinitamente divisible
- Todos los inversores tienen acceso a la misma información.

Partiendo de estos supuestos el modelo CAPM busca relacionar la rentabilidad esperada y el riesgo sistemático (el riesgo total de una acción: variabilidad en su precio; puede dividirse en sistemático y no sistemático), para ello define un coeficiente llamado Beta, la cual en términos generales es una prima de riesgo que relaciona el riesgo de mercado con el riesgo que no se disminuye con la diversificación (riesgo sistemático). [44]

La función del modelo CAPM se simplifica en la siguiente expresión. **Ecuación N° 11**

$$E_p = r_f + [r_m - r_f] \beta$$

Ecuación 11: CAPM

Dónde:

E_p : Es la tasa de rendimiento esperada de capital sobre el activo
 r_f : Rendimiento de un activo libre de riesgo (ejemplo: TES)
 r_m : riesgo del mercado.
 β : coeficiente de volatilidad del activo (Beta)

En conclusión, modelo CAPM presenta algunas deficiencias, por ejemplo, los coeficientes beta calculados con datos históricos son inestables, según los años que se estudien obtendrá un beta u otro para la misma acción. Esto, por otra parte, tiene sentido, pues la empresa va tomando decisiones, el entorno cambia, y ambos hacen aumentar o disminuir el riesgo de la acción a lo largo de los años. La única manera de resolver esto es calcular beta durante varios períodos de tiempo y ver si se ha mantenido estable.

En relación a Colombia el CAPM no presenta una aplicación fiable técnicamente puesto que el suponer que el mercado de capitales es eficiente por la información que existe, es una posición errónea, justificado principalmente por los casos de corrupción que se han presentado (Ejemplo: Caso Interbolsa), de igual manera el considerar que los precios del Mercado no se ven afectados por un inversionista, sería una afirmación que en el caso colombiano, por su tamaño no sería totalmente acertado. [45]

Modelo de Valoración por Arbitraje (APT)

Modelo según el cual una cartera óptima estará constituida por aquellos valores que proporcionen un rendimiento máximo para el riesgo soportado, definido éste por su sensibilidad a los cambios económicos inesperados, tales como los cambios imprevistos en la producción industrial, en el ritmo de inflación y en la estructura temporal de los tipos de interés.

El modelo APT se plantea como una mejora del modelo CAPM, no obstante presenta el mismo principio donde el único riesgo que el mercado está dispuesto a remunerar es el sistemático, dado que el resto del riesgo se puede eliminar vía diversificación, su idea central es que la rentabilidad esperada de un activo ha de estar en función de su riesgo sistemático, medido éste por una serie de coeficientes beta asociados a otros tantos factores comunes explicativos, matemáticamente se puede expresar en la siguiente función. **Ecuación N° 12**

$$R = r_f + \beta_1 (r_{\text{factor } 1}) + \beta_2 (r_{\text{factor } 2}) + \beta_3 (r_{\text{factor } 3}) + \dots \quad \text{Ecuación 12: APT}$$

Dónde:

R: Es la tasa de rendimiento esperada de capital sobre el activo

β : coeficiente de volatilidad del activo (Beta) del factor i.

r: Prima del riesgo con respecto al factor i.

En el ámbito académico, existe un consenso general al considerar el APT un modelo de mayor robustez, el cual mejora en algunos aspectos al modelo CAPM, tales como:

- Permite que la rentabilidad de los títulos dependa de muchos factores y no de uno sólo
- Establece una relación sobre el precio relativo de cualquier conjunto de activos. De esta manera, no se necesita medir el universo total de activos para contrastar la teoría.

No obstante, a pesar de que presente ventajas y puede ser más confiable que el modelo CAPM, la complejidad para calcular presenta el mayor desafío al inversionista, en el sentido que se necesita modelos de fácil y rápido acceso. [46]

Modelos multifactoriales

Estos modelos buscan incluir otros factores que además del mercado afectan a la rentabilidad de una acción, en términos generales esta última es la variable explicada o dependiente y las variables explicativas o independientes pueden ser, además de la rentabilidad del mercado, por ejemplo: el PER de la acción, la rentabilidad por dividendos, el nivel de endeudamiento de la empresa, el ratio valor de mercado/valor contable de la acción, los tipos de interés esperados, etc. En general, cualquier variable que intuya puede tener influencia en la rentabilidad de la acción.

Actualmente existen varios estudios y trabajos que plantean diferentes modelos en contraposición al tradicional CAPM de factor único, entre estos se pueden destacar : el modelo de tres factores de Fama y French (1993); un CAPM condicional (Jagannathan y Wang (1996)), en el que se utilizan los agregados de rentabilidad por dividendos y cociente valor contable-valor de mercado como predictores de la prima de mercado; un modelo intertemporal (Campbell (1993)), en el que el consumo se sustituye por los agregados anteriores y un modelo multifactorial general que calcula los factores mediante la técnica de los componentes principales asintóticos de Connor y Korajczyk (1988). [47]

Finalmente es la robustez de los modelos multifactoriales que no permiten que sean utilizados en masa por los inversionistas y organizaciones, no obstante son herramientas confiables y útiles.

5.3. NORMATIVO

5.3.1. Mercado de Valores Colombiano

La norma más relevante aplicable al mercado de valores en Colombia es la Ley 964 de 2005, por la cual se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades de manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público que se efectúen mediante valores y se dictan otras disposiciones.

Los aportes más importantes de esta ley son:

- El Gobierno Nacional intervendrá en las actividades de mercado de valores, así como en las demás actividades a que se refiere esta ley, enmarcados por las características de constituir manejo, aprovechamiento e inversión de los recursos captados del público mediante valores; establecerá la regulación aplicable a las entidades sometidas a la inspección y vigilancia permanente de la Superintendencia de Valores; dictara las normas relacionadas con la organización y funcionamiento del Sistema Integral de Información del Mercado de Valores, SIMEV, y establecerá los requisitos de inscripción, actualización de la información y cancelación voluntaria o de oficio. En desarrollo de esta facultad podrá, entre otros, ordenar la inscripción de participantes del mercado en el sistema, excluir de la obligación de inscripción a algunos de los participantes del mercado, disponer la delegación en terceros de la administración del sistema y establecer la información que hará parte del mismo; Regulara la actividad en el mercado de valores de quienes desarrollen intermediación de valores; y regulara la emisión, suscripción y colocación de los títulos de deuda pública, etc.
- La Superintendencia de Valores, Instruirá a las entidades sujetas a su inspección y vigilancia permanente o control acerca de la manera como deben cumplirse las disposiciones que regulan su actividad en el mercado de valores; suspender preventivamente cuando hubiere temor fundado de que se pueda causar daño a los inversionistas o al mercado de valores; imponer las medidas cautelares establecidas en el Código de Procedimiento Civil y las demás medidas preventivas estipuladas en la ley.
- Se estructura las funciones del Sistema Integral del mercado de Valores, el cual controlará y registrará la información de: Agentes del mercado de valores, profesionales del mercado de valores y emisores en general.

- Se definen las obligaciones de las cámaras de riesgo central de contraparte, que tendrán por objeto exclusivo la prestación del servicio de compensación como contraparte central de operaciones, con el propósito de reducir o eliminar los riesgos de incumplimiento de las obligaciones derivadas de las mismas.
- Se definen las inhabilidades a los que están sujetos los dirigentes de los comisionistas de Bolsa y la creación de cargos de oficial cumplimiento a los que deben cumplir bajo esta ley.
- Se definen los deberes, derechos y funcionamientos de las sociedades inscritas en el mercado de valores (Emisores), de los agentes del mercado de valores y de los profesionales del mercado de valores.
- Se destacan los deberes, derechos y funcionamiento de lo que hoy se conoce como la AMV (Autorregulador del Mercado de Valores).

Respecto a otras disposiciones a continuación se describen las normas, decretos y leyes de interés para el Mercado de valores en Colombia:

- Ley 27 de 1990: Por la cual se dictan normas en relación con las bolsas de valores, el mercado público de valores, los depósitos centralizados de valores y las acciones con dividendo preferencial y sin derecho de voto.
- Ley 45 de 1990: Se expiden normas en materia de intermediación financiera y se regula la actividad aseguradora.
- Ley 51 de 1990: Por la cual se autorizan unas operaciones de endeudamiento interno y externo de la Nación; se autorizan operaciones para el saneamiento de obligaciones crediticias entre entidades públicas; se otorga una facultad y se dictan otras disposiciones. Se crea la figura de los TES (Títulos de deuda pública).
- Ley 35 de 1993: Se dictan normas generales y se señalan en ellas los objetivos y criterios a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular las actividades financiera, bursátil y aseguradora y cualquier otra relacionada con el manejo, aprovechamiento e inversión de recursos captados del público y se dictan otras disposiciones en materia financiera y aseguradora.
- Ley 225 de 1995: Desarrolla el artículo 60 de la Constitución Política en cuanto a la enajenación de la propiedad accionaria estatal y se toman medidas para su democratización.
- Ley 546 de 1999: Dictan normas en materia de vivienda, se señalan los objetivos y criterios generales a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular un sistema especializado para su financiación, se crean instrumentos de ahorro destinado a dicha financiación, se dictan medidas relacionadas con los impuestos y otros costos vinculados a la construcción y negociación de vivienda.

- Ley 510 de 1999: Por la cual se dictan disposiciones en relación con el sistema financiero y asegurador, el mercado público de valores, las Superintendencias Bancaria y de Valores y se conceden unas facultades.
- Ley 795 de 2003: Se ajustan algunas normas del Estatuto Orgánico del Sistema Financiero.
- Ley 1266 de 2008: se dictan disposiciones generales del Habeas Data y se regula el manejo de la información contenida en bases de datos personales, en especial la Financiera, Crediticia, Comercial, de Servicios y la proveniente de Terceros Países y se dictan otras disposiciones.
- Decreto número 4327 de 2005: Por el cual se fusiona la Superintendencia Bancaria de Colombia en la Superintendencia de Valores y se modifica su estructura.
- Ley 1328 de 2009: se dictan normas en materia financiera, de seguros, del mercado de valores y otras disposiciones (Reforma Financiera).
- Ley 1314 de 2009: Se regulan los principios y normas de contabilidad e información financiera y de aseguramiento de información aceptados en Colombia, se señalan las autoridades competentes, el procedimiento para su expedición y se determinan las entidades responsables de vigilar su cumplimiento.
- Ley 1430 de 2010: se dictan normas tributarias de control y para la competitividad, se destaca el Gravamen a los movimientos financieros (GMF).
- Decreto 1514 de 1998: Se reglamenta parcialmente el estatuto tributario.
- Decreto 3923 de 2006: se regula la elección de los miembros independientes de las juntas directivas de los emisores de valores.
- Decreto 1281 de 2008: Se reglamentan parcialmente los artículos 23-1 y 36-1 del Estatuto Tributario. (Tratamiento tributario carteras colectivas – ETFs).
- Decreto 1797 de 2008: Se regula, para efectos tributarios, el régimen de las Cámaras de Riesgo Central de Contraparte y de algunas operaciones sobre derivados.
- Decreto 2555 de 2010: Se recogen y reexpiden las normas en materia del sector financiero, asegurador y del mercado de valores y se dictan otras disposiciones.

5.3.2. Acuerdos de Basilea

Luego de la segunda guerra mundial y a partir de la recuperación financiera por parte de la banca europea, la cual fue impulsada por el mismo sistema norteamericano que tenía como principal recurso los mal llamados “petrodólares”, se vio que las entidades financieras en el mundo cada vez estaban más relacionadas entre sí, y gracias a la desafortunada crisis generada por el cierre del BANKHAUS HERSTATT en Colonia, Alemania, se decide crear en 1974 el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea por parte del G10 (los diez grandes bancos centrales del mundo: Alemania, Bélgica, Canadá,

España, EEUU, Francia, Italia, Japón, Luxemburgo, Holanda, el Reino Unido, Suecia y Suiza).con el fin de mejorar la colaboración entre las autoridades de supervisión bancaria. [48]

Este comité constituye un foro de debate para la resolución de problemas específicos y en el año 1988 entrega el primer acuerdo denominado Basilea I, en el cual entregaba un conjunto de recomendaciones para establecer un capital mínimo que debía tener una entidad bancaria en función de los riesgos que afrontaba, este acuerdo en términos generales definía la siguiente regla primordial:

- Los bancos deben mantener un volumen de capital que, por lo mínimo, sea del 8% del valor total de sus activos, ponderado por su nivel de riesgo.

Este capital debía ser suficiente hacer frente a los riesgos de crédito, mercado y tipo de cambio.

Después de identificar algunas fallas y lagunas en las recomendaciones para el cálculo del capital mínimo para las entidades bancarias, en la que se podía destacar que siempre se consideraba que los créditos tenían la misma probabilidad de incumplir, se decide entregar en el año 2004 el segundo acuerdo de Basilea (Basilea 2), en el cual se puede destacar lo siguiente:

- Se hace más extensa las ponderaciones de los factores de riesgo: en el caso del riesgo de crédito se calcula teniendo en cuenta tres componentes: Probabilidad de incumplimiento, severidad o pérdida posible por incumplimiento y exposición en el momento del incumplimiento.
- Se permite que las entidades bancarias construyan sus propios modelos internos, bajo previa supervisión.
- Supervisión corriente por parte de las superintendencias
- Se recomienda utilizar el VAR, como modelo para el cálculo del valor de riesgo del mercado.
- En lo que respecta a la disciplina del mercado, establece normas de transparencia y exigió la publicación periódica de información acerca de su exposición a los diferentes riesgos y la suficiencia de sus fondos propios. [49]

Después de la crisis en el 2008 con las hipotecas “Subprime” en Estados Unidos que terminó con uno de los bancos más antiguos del mundo (Lehman Brothers) y género un declive financiero en todo el mundo, se evidencio que los acuerdos definidos en Basilea II no entregaban las herramientas necesarias para afrontar dichos fenómenos.

En términos de riesgo de mercado se identificaron dos factores por las que el comité decide actualizar el protocolo I en el año 2010 con Basilea III : el primero es porque se pudo observar que las entidades bancarias por medio del método estándar o sus modelos internos no tenían en cuenta el concepto de estrés o tensión del mercado, generando así la posibilidad de no tener respuestas de capital en periodos donde el mercado entra en crisis; el segundo se basa en que la recomendación general para calcular la máxima pérdida posible de una entidad frente a sus posiciones de mercado se utilizaba el VAR, el cual como se ha aseverado en múltiples oportunidades no es útil en momentos de tensión y no cubre el llamado Tail Risk. [50]

Con el objetivo de mejorar estas dificultades se introduce el concepto de Expected Shortfall (ES) y la calibración del mismo en periodos de tensión, los cuales se presumen que podrían ser medidas más pesimistas o más fuertes que el mismo VAR, puesto que valoran la probabilidad de que el tamaño de las pérdidas estén por encima de cierto nivel de confianza, de igual manera se recomienda reducir y limitar los beneficios de la diversificación, con el fin de tener la mejor valoración del riesgo en periodos de fuertes tensiones. [51]

Se espera que las medidas tanto técnicas y administrativas definidas en Basilea III, permitan generar mayor confianza al sector financiero al momento de afrontar crisis y reduzca El temor al efecto dominó que pudiera causar la insolvencia de los bancos. [52]

5.3.3. Superintendencia Financiera de Colombia

Partiendo de la estructura del sistema financiero Colombiano en el cual se define dos principales mercados: El mercado Bancario y el mercado de valores , luego de la creación de la Comisión nacional de Valores con la ley 32 de 1979, la cual tenía por objetivo de “estimular, organizar y regular el mercado público de valores” y que con el decreto 2115 de 1992 se convertiría en la superintendencia de Valores, se empezó a generar toda una serie de leyes y decretos que se enfocaban a estimular la inversión segura en el mercado de valores, posterior a esto ante el acelerado desarrollo del mercado financiero, el Gobierno Nacional consideró necesario evaluar si la estructura del actual sistema de regulación y supervisión del mercado, en cabeza de la Superintendencia Bancaria, respecto de los establecimientos financieros y de seguros, y de la Superintendencia de Valores, respecto de los participantes en el mercado de valores, resultaba adecuada para garantizar un sistema financiero estable, eficiente y competitivo, que brindara un ambiente de protección al consumidor. Dicha consideración concluyo en lo que hoy se conoce como la integración de la superintendencia Bancaria y de valores, en la Superintendencia Financiera de Colombia, como un nuevo supervisor que reemplazó a los dos anteriores, la cual no era una superintendencia que asumiera

las funciones de la otra, sino de crear un nuevo esquema de supervisor, que responda a las nuevas realidades del sistema financiero colombiano, dicha fusión se reglamentó por medio del decreto 4327 de 2005, en la cual están definidas ,la estructura, las funciones, los recursos y demás derechos y obligaciones a los que está sujeto la entidad, con el objeto al que fue constituida.

La Superintendencia Financiera ejerce la inspección, vigilancia y control sobre los agentes que participan en el mercado de valores. En términos generales, la inspección y vigilancia recae sobre todos los participantes del mercado que no tienen la calidad de emisores, en tanto que el control recae sobre los emisores de valores:

- a) Entidades sujetas a inspección y vigilancia por parte de la Superintendencia Financiera [54]:

PROVEEDORES DE INFRAESTRUCTURA	Bolsas de Valores
	Bolsas de bienes y productos agropecuarios y agroindustriales.
	Bolsas de futuros y opciones
	Las sociedades administradoras de sistemas de negociación de valores
	Las sociedades que realcen compensación y liquidación de valores, contratos de futuros, opciones y otros.
	Cámaras de riesgo central de contraparte
	Las entidades que administren sistemas de negociación y registro de divisas
	Las sociedades administradoras de sistemas de compensación y liquidación de divisas.
	Las sociedades administradoras de sistemas de depósitos centralizados de valores
INTERMEDIARIOS DE VALORES	Comisionistas de bolsa

	Comisionistas independientes de valores
FONDOS DE INVERSIÓN COLECTIVA Y ADMINISTRADORES DE FONDOS DE INVERSIÓN COLECTIVA	Fondos Mutuos de inversión que a 31 de diciembre de cada año, registren activos iguales o superiores a 4.000 SMMLV.
	Fondos de Garantía
	Sociedades administradoras de inversión
OTRAS	Sociedades titularizadoras
	Sociedades calificadoras de valores

Tabla 1. Entidades sujetas a inspección de la Superintendencia financiera.
Fuente: Guía del mercado de valores, Carlos Fradique-Méndez (2010)

B) Emisores sujetos a control recurrente:

Como control recurrente se encuentran los emisores que están sometidos a la inspección, vigilancia o control de otra entidad administrativa del Estado, diferente a la Superintendencia Financiera en razón a la actividad económica que realiza.

TIPO DE ENTIDAD SOMETIDA A CONTROL	AUTORIDAD QUE CONTROLA CONCURRENTEMENTE
COOPERATIVAS	Superintendencia de la Economía Solidaria
ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
EMPRESAS PROMOTORAS DE SALUD (EPSS) E INSTITUCIONES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SALUD (IPSS)	Superintendencia Nacional de Salud
EMPRESAS DE SEGURIDAD PRIVADA	Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada

Tabla 2. Relación de entidades y autoridades de control. [53]
Fuente: Guía del mercado de valores, Carlos Fradique-Méndez (2010)

5.3.4. Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995)

La superintendencia financiera de Colombia en la circular describe las obligaciones que deben cumplir las entidades vigiladas en lo que respecta a la evaluación de las inversiones, a la construcción adecuada de estados financieros, diseño, implementación y mantenimiento de un sistema de administración de los riesgos de: Mercado (SARM), Contraparte (SARC), Liquidez (SARL) y operacional (SARO), entre otras disposiciones.

En lo que concierne a esta investigación se destaca la información de los capítulos XX y XXI.

5.3.4.1. Capítulo XX parámetros mínimos de administración de riesgos que deberán cumplir las entidades vigiladas para la realización de sus operaciones de tesorería.

Establece los parámetros mínimos de administración de Riesgos que deberán cumplir las entidades vigiladas para la realización de sus operaciones de tesorería.

Partiendo de la definición que la tesorería es la oficina u organismo funcional en que una organización centra todas sus operaciones de mercado, que buscan en sí generar rendimientos y beneficios a la entidad, se presenta los aspectos mínimos que se deberán tener en cuenta para la adecuada gestión del riesgo en tesorería. En términos generales la entidad tendrá la obligación de aplicar aspectos administrativos para gestionar el riesgo, entre ellos se destacan los siguientes:

- La alta gerencia o alta dirección deberá garantizar los códigos de conducta, la independencia de una oficina que administre en riesgo y los recursos necesarios para operar.
- Se deben tener claro las funciones de todos los integrantes del equipo de administración del riesgo y los demás involucrados en las operaciones de tesorería.
- Definir los procedimientos de operación para administrar el riesgo, relacionando principalmente los alcances y límites que estén de acuerdo a las políticas financieras de la entidad.
- Definir los responsables de divulgar la información de riesgos.

En lo que respecta al análisis de los riesgos, estos se medirán por cada uno de los productos que tenga la entidad y agregarse finalmente por nivel de mesa de negociación, de igual forma para cada uno de los productos se deberá tener los límites, con los respectivos impactos que tienen en la entidad, estos serán las bases principales de los

negociadores (traders), de igual manera se define a continuación las características mínimas para el análisis de riesgos:

- Riesgo de Crédito y contraparte: La gestión de tesorería debe estar coherente con la gestión de riesgo de crédito de toda la entidad, se deberá tener claro los cupos y límites que están sujetos a las actividades de tesorería.
- Riesgo de Mercado: Medir diariamente a precios de mercado el riesgo de tasas de interés, tasas de cambio y precio.
- Riesgo de liquidez: Definir las políticas a corto, mediano y largo plazo las expectativas de liquidez, conforme a los planes de inversión, generando diferentes escenarios variando tasas y precios.
- Riesgo Operacional: Garantizar los recursos informáticos, documentales (procedimientos) y sistemas de negociación que estará sujeta la tesorería de la entidad.
- Riesgo legal: Definir las políticas internas de la entidad y de la tesorería, como también cumplir con la ley y las reglas preestablecidas al momento de firmar o tener acuerdos contractuales. [55]

5.3.4.2. Capítulo XXI reglas relativas a la administración de los riesgos de mercado.

Se define las características, parámetros y reglas para el sistema de administración del riesgo de mercado (SARM) de las entidades vigiladas, conforme a la necesidad de establecer los capitales adecuados para responder cuando se materialice el riesgo.

Inicialmente se entiende por operaciones de tesorerías, a las que se realizan en los mercados, como los de renta fija y variable, que intervengan tasas o índices, posiciones en derivados, etc. Mencionadas operaciones tesorería, deberán estar registradas en el libro de tesorería, definiéndolas como las posiciones a las que se espera beneficiarse la entidad en el corto plazo y que tendrán las características de ser inversiones negociables y disponibles para la venta.

En lo que respecta a los aspectos organizativos de las entidades se hace un llamado a especial para que se definan las siguientes unidades:

- Front Office: Es la encargada del área de negociación, la cual deberá seguir los lineamientos, límites y controles de la middle office.
- Middle Office: Área que tiene la responsabilidad de administrar, medir el riesgo y velar por el cumplimiento de las políticas de la organización.
- Back office: Encargados de las operaciones de cierre, registros y autorizaciones de las operaciones.

Se recomienda de igual forma la separación por tipo de mercado (Spot y derivados), con el objeto de tener una mayor sincronía con todas las operaciones llevadas a cabo en la entidad.

Se destaca de igual forma que el riesgo de mercado es la posibilidad de pérdida de valor de portafolios por fluctuaciones de los precios, las cuales se pueden generar por variaciones en:

- Tasas de interés moneda legal
- Tasas de interés moneda extranjera
- Tasas de interés de operaciones pactadas en UVR
- Tipos de Cambio
- Precios de acciones
- Inversiones en carteras colectivas

Estas mediciones de riesgo deberán estar registradas en el libro de tesorería y la entidad podrá utilizar el método estándar o modelos internos (Previa autorización de la SFC), para la medición del riesgo.

Como se menciona los modelos internos estarán sujetos a la aprobación de la Superintendencia financiera de Colombia, y serán evaluados con las pruebas de desempeño y resistencia, a continuación, se destaca los requisitos generales para la medición del riesgo por modelos internos:

- Contemplar todos los factores de riesgo. Mínimo los definidos en el método estándar.
- Ser calculado diariamente
- Se debe calcular en el intervalo de 99% de confianza
- Se deberá aplicar para una valoración de cambio en precios de los últimos 10 días hábiles de negociación.
- Definir como mínimo 250 observaciones o un año.
- Se pueden emplear modelos paramétricos y no paramétricos.
- Actualizar permanentemente las bases de datos.
- Aplicar pruebas de estrés o resistencia (Stress testing).
- Aplicar pruebas de rendimiento Backtesting, Estas pruebas pueden ser del tipo sucias (Valorar el riesgo con las pérdidas y ganancias efectivamente obtenidas al final del día) y limpias (Valorar el riesgo con las pérdidas y ganancias que se hubieran presentado).
- Las pruebas Backtesting del tipo sucia se deben realizar diariamente y las del tipo limpias mensualmente o cuando se consideren necesarias.

De igual forma la entidad podrá realizar la combinación del método estándar y modelos internos, siempre y cuando se cumplan los procedimientos descritos, se cubra todos los módulos definidos en el anexo 1 o 3 de esta reglamentación y el cálculo de la totalidad de la exposición del riesgo, será la suma del monto obtenido por el modelo interno y los módulos cubiertos con la metodología estándar.

Las demás consideraciones de este reglamento están orientadas a las condiciones y aspectos administrativos para el normal funcionamiento del SARM, visto como sistema integral de gestión. [56]

5.4. MARCO FILOSOFICO

El presente trabajo investigativo tiene dos puntos claros de acción de los cuales el primero está relacionado directamente con resultados matemáticos fruto de una serie de análisis donde involucra una cantidad de variables que son resultado de la interacción de la libre oferta y demanda de diferentes valores negociados. En este sentido entra a jugar el segundo punto de acción ya que estas variables necesariamente son resultado de las decisiones, creencias y supuestos que cada uno de los usuarios (personas naturales o jurídicas, esta última finalmente resulta siendo representado por una persona natural ya que la figura jurídica no puede tomar decisiones por si sola) imprime al mercado accionario.

En vista de esto se crea una corriente de estudio que busca la explicación de cada una de las tendencias, comportamientos, relaciones y correlaciones, especulaciones y demás variantes que puedan interactuar con el comportamiento del precio de las acciones, cada uno de estos aspectos se relacionan con decisiones o comentarios humanos, ya que de un pensamiento o una simple explicación de un concepto dentro del mundo accionario tiene un profundo impacto en el comportamiento del precio.

Por eso resulta de gran importancia en la presente investigación la posible relación que se pueda establecer entre los individuos y el comportamiento de las diferentes acciones. Adicional a esto también aparece el sentido de ser humano o de individuo cuando se comprende que él individuo según su aversión al riesgo tipifica las características y la composición de cada portafolio, por ejemplo un individuo que tenga una alta aversión al riesgo escogerá o se inclinara por uno de los portafolios más conservadores y que por defecto tendrá un bajo riesgo pero también una baja rentabilidad.

Finalmente, el capital circulante entre los diferentes individuos activos económicamente puede resultar sumamente atractivo para dinamizar y dar mayor bursatilidad al mercado accionario, por tal motivo es de gran importancia que se puedan establecer metodologías sencillas que sirvan para incentivar y dar mayor confianza a los inversionistas al momento de realizar transacciones en el mercado accionario.

5.5. GLOSARIO

Acción: Título de propiedad de carácter negociable representativo de una parte alícuota del patrimonio de una sociedad o empresa. Otorga a sus titulares derechos que pueden ser ejercicios colectivamente y/o individualmente.

- Acción ordinaria: Acción que tiene la característica de conceder a su titular ciertos derechos de participación en la sociedad emisora entre los cuales está el de percibir dividendos, y el voto en la asamblea.
- Acción inactiva: Son las acciones que no han registrado cotizaciones que marquen precio en la Bolsa de valores de Colombia en los últimos 30 días.
- Acción preferencial: Son acciones que tienen prioridad en el pago de dividendos o en el reembolso del capital en caso de liquidación. A cambio de ello, no poseen voto en las asambleas de accionistas.
- Acción privilegiada: Tiene un beneficio económico adicional por un periodo determinado que se materializa en el pago de dividendos.
- Acciones en circulación: Numero de acciones emitidas por una sociedad que pueden ser libremente transadas en el mercado.

Análisis Fundamental: Es un estudio que se apoya en la información financiera de un emisor y el entorno económico en el cual éste se desenvuelve. Este análisis tiene en cuenta el largo plazo y no se preocupa con los vaivenes de precio a corto plazo.

Análisis técnico: El análisis técnico presume que los inversionistas repiten sus patrones de decisión cada cierto tiempo. Este análisis consiste en reunir una serie de estadísticas sobre el comportamiento histórico de los precios de una inversión y a partir de éstos determinar la tendencia, bien hacia arriba o hacia la caída de la misma.

Bolsa de valores: son mercados organizados donde se fijan el precio de los títulos y valores que circulan en la economía y que se encuentren inscritos en ella.

Diversificación: Económicamente es definido como el hecho de tener varias alternativas de inversión, por lo tanto las posibles pérdidas de inversión en una acción son subsanadas por las ganancias obtenidas en otra.

Índice de Bursatilidad Accionaria (IBA): El IBA mide el nivel de liquidez o facilidad con la que se compra y se vende una acción en el mercado bursátil. El IBA se calcula con base en la frecuencia de negociación y volúmenes negociados del correspondiente valor. Con base en el resultado de este índice, una acción se clasifica en Colombia como de alta, media, baja o mínima bursatilidad. Si las acciones de determinado emisor no han sido negociadas durante el último período de cálculo, la bursatilidad es nula.

Mercado: Conjunto de transacciones realizadas entre compradores y vendedores; lugar no necesariamente ubicado geográficamente en donde actúan los agentes económicos como oferentes o demandantes de un bien o un servicio.

Mercado Bursátil: Mercado mediante el cual por medio de intermediarios se captan recursos de inversionistas nacionales y extranjeros con el fin de invertirlos en una amplia gama de necesidades de financiamiento de empresas, instituciones de crédito y entidades gubernamentales.

Mercado de renta variable: Es el mercado en el que se emiten valores en desarrollo de procesos de titularización (los cuales, no obstante, pueden ser igualmente de renta fija o mixtos) y los derechos de participación representativos de fondos de inversión colectiva.

OPA: Oferta Pública de Adquisición de Acciones inscritas en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios, realizada a través de la Bolsa de Valores de Colombia S.A. en una sesión de negociación por fuera del mercado normal de acciones.

Portafolio: Conjunto de inversiones de personas naturales o jurídicas denominadas agentes económicos y por lo tanto intervienen en la producción o comercialización de algún bien y/o servicio.

Riesgo: Económicamente es definido como la variabilidad que tiene cualquier acción que interactúa en el mercado de valores. Es considerada como la varianza o la desviación típica de cualquier instrumento financiero, el uso de uno o del otro está básicamente dado por la conveniencia en su utilización ya que conceptualmente los dos dicen exactamente lo mismo.

Sistema Integral de Información al Mercado de Valores (SIMEV): consiste en el conjunto de recursos humanos, técnicos y de gestión que utiliza la Superintendencia Financiera para permitir y facilitar el suministro de información al mercado por parte de sus participantes.

VaR: Valor de un umbral el cual se asigna con una probabilidad, bajo un horizonte de tiempo y para una cartera específica, dicho valor tiene la característica que la pérdida de la cartera no va a ser superior al umbral establecido por dicho valor, dicho resultado aplica con el nivel de confianza correspondiente a la probabilidad utilizada, en el horizonte de tiempo dado y solo para el portafolio específico.

5.6. SITUACIONAL

Desde hace poco más de medio siglo se ha hablado en forma extendida sobre la exposición al riesgo de las entidades financieras, recientemente a partir de la formación de los congresos de Basilea en el año 1974, se le ha dado mucha mayor importancia al tema de la exposición al riesgo y al hecho de que este tema es el pilar para la toma de decisiones administrativas y económicas. En el inicio, el Primer Congreso de Basilea fue una reunión de los bancos de los principales países del mundo con el ánimo de hacer sugerencias que todos los países estaban dispuestos o no a adoptar, en ese entonces más de cien países acogieron dichas sugerencias. En el Segundo Congreso de Basilea llevado a cabo en el año 2004 se sugirió la adopción del VaR (Valoración en Riesgo) como una medida de riesgo aceptable para la correcta toma de decisiones administrativas y de manejo de recursos económicos que protejan a las entidades financieras en las posibles pérdidas.

En el caso específico de Colombia se han presentado varios hechos importantes que han marcado la forma en como se ha medido el riesgo. Algunos de estos hechos son: la apertura económica mundial de los años 90's, la expansión del comercio virtual en la primera década de este siglo, la crisis económica mundial presentada a partir del año 2008, y más recientemente, el pasado 22 de junio de 2015 la entrada de Colombia como uno de los países en el mundo en donde es confiable la inversión, dicha calificación fue dada por las tres grandes agencias calificadoras de riesgo crediticio (Fitch Ratings, Standard & Poor's y Moody's) pasando de una puntuación BB+ (Bono especulativo) a una puntuación BBB- (Mínimo para tener grado inversión), aún más reciente en el mes de julio del mismo año, fue emitido la mayor cantidad de dinero en bonos por el estado colombiano, fueron más de dos mil millones de dólares emitidos con la menor tasa del mercado.

6. ASPECTOS METODOLÓGICOS

6.1. TIPO DE ESTUDIO

En la presente investigación se realizará un estudio descriptivo ya que, al abordar los conceptos necesarios para comprender las características presentes en el mercado bursátil, se manejan conceptos y apreciaciones que necesitan ser comprendidos y estudiados en profundidad, conceptos que al final solo sustentarán y servirán para la comprensión integral de tema central de estudio.

Al igual en la presente investigación se realizará un estudio explicativo ya que se formula un análisis profundo y riguroso de la importancia que tiene el estudio del riesgo como una consecuencia natural de la interacción de la oferta y demanda en el mercado bursátil. Al profundizar en el conocimiento teórico de las características presentes en dichos mercados es posible estudiar, como una consecuencia, los retornos, riesgos y demás características presentes en una serie de datos aleatorios presentan en periodos de tiempo determinados. Por último, con base en todos estos estudios y aplicando los modelos teóricos vigentes y explorando posibles alternativas vanguardistas en cuanto a la estimación de riesgos para el mercado bursátil, se predecirá al estimar de manera eficiente la cantidad que un potencial inversionista debe invertir en un determinado portafolio en una determinación, teniendo un nivel de riesgo con la menor incertidumbre posible.

6.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La metodología a utilizar en la presente investigación es deductiva o teórica ya que partiendo de teorías o de premisas ya académicamente aceptadas se utilizan para explicar el comportamiento inicial de las variables en estudio, para luego continuar con otros planteamientos teóricos que por las características de las variables son aplicables para encontrar nuevas y posiblemente mejores respuestas a los modelos tradicionales.

6.3. FUENTES Y TÉCNICAS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

6.3.1. Fuentes primarias

Para la validación de la investigación se hará una recolección directa de la información que consiste en la obtención de una serie de datos de la página de La Bolsa de Valores de Colombia; dicha información está disponible en Internet, y consiste en los precios de cierre del precio acciones. El tipo de técnicas será una observación no participante o simple ya que el investigador solo hará la toma directa de la información.

La recolección inicial de los datos se hará de forma directa implementando un censo en el periodo comprendido entre el primero de enero del año 2010 y el 31 de diciembre del año 2015. Ya en la etapa de análisis de dichos datos es posible que se empleen diferentes tipos de muestreo como lo es un muestreo estratificado u otras herramientas estadísticas con el fin de tener un mejor manejo de los datos para obtener la información más confiable que sea posible.

6.3.2. Fuentes secundarias

Para el estudio de las temáticas manejadas en la presente investigación se tomará en cuenta las publicaciones, tesis, trabajos de grado informes y demás documentos entregados desde la academia como un aporte para la sociedad y los diferentes estamentos que guardan alguna relación con el mercado bursátil. Al igual para la fundamentación teórica se tomará en cuenta los documentos más aceptados por la académica como una herramienta óptima para la obtención de la información que servirá como base teórica.

6.4. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información será manejada de acuerdo a las técnicas indicadas por la fundamentación teórica descritas en la investigación del estado del arte, al ser un tema tan especializado como lo es el manejo óptimo de los retornos y de los riesgos es preciso el tratamiento de la información bajo la más estricta rigurosidad descritas por las metodologías diseñadas para tal fin; sin embargo al ahondar más en el estudio del arte y al poder relacionar las diferentes teorías y los diferentes enfoques se irá afinando el tratamiento y manejo de la información.

Para el análisis de la información se utilizarán diferentes paquetes informáticos, como las herramientas de cálculo de Microsoft Excel, la herramienta estadística y de ajuste del paquete Promodel, el potencial matemático del MatLab o las herramientas de optimización del mismo MatLab, Crystal Ball o Gams.

7. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

7.1. INDICES.

7.1.1. Índices de mercado

Se considera que los índices en general representan el comportamiento del mercado bursátil de un país, ya sea que se esté revisando el mercado de renta variable o de renta fija. Específicamente en Colombia se considera que un índice es un indicador que representa la evolución del mercado tomando como base el análisis del movimiento de los precios de los títulos más representativos de este.

Para la construcción de un índice es necesario tener en cuenta dos cosas: la primera hace referencia a la elección de las acciones o títulos que son más representativos para los fines que se quiera el índice y la segunda es determinar la importancia que cada una de esas acciones va a tener dentro del resultado final de índice. [57]

Para la selección de las acciones o títulos que compondrán la canasta con la cual se calculara el índice generalmente se tienen en cuenta dos criterios de selección: se analiza las acciones más bursátiles entendiéndose esto como la facilidad que tienen las acciones para ser compradas y vendidas, o se analiza las acciones según el precio que la empresa tenga en el mercado (Capitalización Bursátil).

Con el cálculo de un índice generalmente se busca dar respuesta a tres características fundamentales del mercado bursátil: Rentabilidad, Capitalización bursátil y precio. Para los tres casos se pretende que el índice represente la forma en como determinado activo se comporta frente a las variaciones del mercado.

Para que un índice sea técnicamente aceptado debe cumplir con ciertas características indispensables:

- Debe contemplar todos los posibles escenarios a los que el inversionista se puede ver enfrentado de acuerdo al perfil de riesgo que este tenga.
- Debe tener la capacidad para que sin mayores dificultades un inversionista pueda calcular su valor.
- Debe tener una metodología de cálculo clara y ampliamente difundida, debe determinar y explicar todas las variables que son necesarias para su cálculo.

- Las fuentes de las variables que lo componen debe ser completas y disponibles para su acceso en cualquier momento.
- Debe tener la capacidad de rebalancearse de acuerdo a los movimientos de la canasta o el mercado.

7.1.2. Índices en el mercado colombiano.

Para el caso colombiano es necesario realizar una diferenciación entre el mercado de renta variable y el mercado de renta fija. En el primer caso se tienen contemplados 4 índices: COLCAP, COLSC, COLEQTY, COLIR. Para el caso del mercado de renta fija se contemplan la familia de los COLTES (COLTES, COLTES CP, COLTES LP y COLTES UVR) y el COLCAPAZ. Debido a la naturaleza del presente estudio se profundizará un poco más en los índices del mercado de renta variable.

COLCAP

El índice COLCAP representa la variación de los precios de las 20 acciones más liquidas de la bolsa de valores de Colombia. Se ha calculado desde el 8 de febrero del año 2008, es el índice más estable y con mayor historia dentro del mercado bursátil colombiano.

Para su cálculo se toman en cuenta diversas generalidades:

- Los datos del precio de las 20 acciones que componen la canasta de este portafolio, son tomados 4 días antes de que entre en vigencia la canasta.
- El índice siempre está compuesto por 20 acciones, en el caso donde alguna de las acciones no siga cotizando, su cálculo continuara con un número inferior a 20 acciones hasta la siguiente fecha de rebalanceo.
- Las 20 acciones deben ser de emisores diferentes, en el caso donde se presente dos acciones que entrarían a ser parte de esta canasta de un mismo emisor, se seleccionara la que tenga mayor participación dentro del índice.
- El máximo porcentaje de aporte de una acción al índice es del 20% en el caso que la acción aporte más de este porcentaje se ajustara la participación de la acción.
- El tiempo de permanencia de las acciones en la canasta es 1 año.

Canasta vigente Febrero Abril 2015

COLCAP	
NEMOTÉCNICO	PARTICIPACIÓN
PFBCOLOM	21.020%
GRUPOSURA	12.809%
ECOPETROL	11.136%
GRUPOARGOS	9.215%
NUTRESA	6.746%
PFCEMARGOS	5.602%
PFAVAL	5.505%
EXITO	4.591%
CORFICOLCF	3.240%
ISA	3.227%
BOGOTA	2.689%
ISAGEN	2.604%
PFDVVNDA	2.570%
EEB	2.388%
CLH	2.374%
CELSIA	2.120%
PFAVH	1.438%
CNEC	0.277%
BVC	0.235%
PREC	0.213%

Tabla 3. Bolsa COLCAP febrero-abril de 2015.
Fuente: Pagina web Bolsa de Valores de Colombia.

COLEQTY

La canasta de este índice es seleccionada tomando en cuenta las 40 acciones de las empresas que tienen la mayor proporción de la compañía en manos de terceros que no tienen interés de control sobre la empresa (flotante – Capitalización Ajustada). Por lo tanto estas 40 acciones representan las empresas que tienen mayor proporción de la compañía en manos de personas ajenas a esta y que pueden verse más influencias por el libre movimiento de la oferta y demanda.

Para el cálculo de esta se toman diversas generalidades:

- No hay límite de acciones por emisor.

- Este índice tiene vigencia trimestral. Se recompone el último día hábil del mes de enero, abril, julio y octubre.
- 7 días hábiles antes de la entrada en vigencia de la nueva canasta se publicará un informe parcial de las acciones que compondrán la canasta.

Canasta vigente febrero - abril 2015

COLEQTY

NEMOTÉCNICO	PARTICIPACIÓN
PFBCOLOM	10.508%
ECOPETROL	9.909%
GRUPOSURA	8.933%
NUTRESA	6.650%
BCOLOMBIA	6.237%
GRUPOARGOS	6.015%
PFAVAL	5.427%
EXITO	4.526%
CEMARGOS	3.947%
PFGRUPSURA	3.632%
CORFICOLCF	3.194%
ISA	3.181%
PFGRUPOARG	3.070%
BOGOTA	2.651%
ISAGEN	2.567%
PFDAVVNDA	2.533%
EEB	2.354%
CLH	2.341%
CELSIA	2.089%
PFCEMARGOS	1.833%
PFAVH	1.418%
OCCIDENTE	1.244%
PROMIGAS	1.009%
GRUPOAVAL	1.003%
TERPEL	0.842%
ODINSA	0.504%
PFCORFICOL	0.385%
CONCRET	0.358%

CNEC	0.273%
BVC	0.232%
MINEROS	0.222%
PREC	0.210%
ELCONDOR	0.205%
ETB	0.189%
VALOREM	0.091%
FABRICATO	0.066%
ENKA	0.062%
COLTEJER	0.035%
CARTON	0.030%
TABLEMAC	0.024%

Tabla 4. Bolsa COLEQTY febrero-abril de 2015.

Fuente: Pagina Web Bolsa de Valores de Colombia

COLSC

Este índice está calculado con la base de una canasta de 15 acciones, las cuales son tomadas de las acciones con menor capitalización bursátil de la canasta del índice COLEQTY.

Para el cálculo de esta se toman diversas generalidades:

- Solo se permite una acción por emisor, en caso de existir varias acciones, se tomará la que reporte mayor participación en el cálculo del presente índice
- Este índice tiene vigencia Semestral. Se recompone el último día hábil del mes de enero y Julio.
- 7 días hábiles antes de la entrada en vigencia de la nueva canasta se publicará un informe parcial de las acciones que compondrán la canasta.

Canasta vigente Febrero Julio 2015

COLSC	
NEMOTÉCNICO	PARTICIPACIÓN
ODINSA	15.205%
PFAVH	15.198%
CONCRET	12.482%
CNEC	9.500%
BVC	8.076%
MINEROS	7.752%
PREC	7.322%

ELCONDOR	7.157%
ETB	6.589%
VALOREM	3.174%
FABRICATO	2.290%
ENKA	2.161%
COLTEJER	1.206%
CARTON	1.042%
TABLEMAC	0.846%

Tabla 5. Bolsa COLSC febrero-julio de 2015.

Fuente: Pagina Web Bolsa de Valores de Colombia

COLIR

Este indicador se puede considerar que identifica características cualitativas de las acciones que transan en la Bolsa de Valores de Colombia, las acciones que entran a ser parte de esta canasta son las acciones que cuentan con el Reconocimiento de Emisores, el cual certifica el cumplimiento de las mejores prácticas en las relaciones con los inversionistas, relevancia, claridad y facilidad de acceso a la información suministrada.

Para el cálculo de esta se toman diversas generalidades:

- No hay límite de acciones por emisor.
- Este índice tiene vigencia trimestral. Se recompone el último día hábil del mes de Enero, Abril, Julio y Octubre.
- 7 días hábiles antes de la entrada en vigencia de la nueva canasta se publicará un informe parcial de las acciones que compondrán la canasta.

Canasta vigente Febrero Abril 2015

COLIR	
NEMOTÉCNICO	PARTICIPACIÓN
PFBCOLOM	10.496%
ECOPETROL	9.898%
GRUPOSURA	9.607%
NUTRESA	7.152%
BCOLOMBIA	6.708%
GRUPOARGOS	6.469%
PFAVAL	5.837%
EXITO	4.868%
CEMARGOS	4.245%
PFGRUPSURA	3.906%

ISA	3.421%
PFGRUPOARG	3.302%
BOGOTA	2.851%
ISAGEN	2.761%
PFDVVNDA	2.725%
EEB	2.532%
CLH	2.517%
CELSIA	2.247%
PFCEMARGOS	1.972%
PFAVH	1.525%
PROMIGAS	1.085%
GRUPOAVAL	1.078%
TERPEL	0.906%
ODINSA	0.542%
CONCRET	0.385%
CNEC	0.293%
BVC	0.249%
ELCONDOR	0.221%
ETB	0.203%

Tabla 6. Bolsa COLIR febrero-abril de 2015.
Fuente: Pagina Web Bolsa de Valores de Colombia

7.1.3. Canasta seleccionada

Debido a que el índice de capitalización – COLCAP – es un referente en el mercado colombiano, será este el índice utilizado para escoger las acciones que entran a formar parte del portafolio base que será optimizado mediante el modelo de Markowitz.

En el caso del presente estudio, de acuerdo al horizonte de estudio que comprende desde el año 2010 hasta el año 2015, donde el año 2015 será el periodo para comprobar los modelos aquí aplicados para el cálculo del VaR, se toma como referencia la primera Canasta del COLCAP del año 2015 la cual representa el periodo Febrero-Abril:

COLCAP (Feb - Abr 2015)	
NEMOTÉCNICO	PARTICIPACIÓN
PFBCOLOM	21.020%
GRUPOSURA	12.809%
ECOPETROL	11.136%
GRUPOARGOS	9.215%
NUTRESA	6.746%
PFCEMARGOS	5.602%

PFAVAL	5.505%
EXITO	4.591%
CORFICOLCF	3.240%
ISA	3.227%
BOGOTA	2.689%
ISAGEN	2.604%
PFDVVVND	2.570%
EEB	2.388%
CLH	2.374%
CELSIA	2.120%
PFAVH	1.438%
CNEC	0.277%
BVC	0.235%
PREC	0.213%

Tabla 7. Canasta COLCAP feb-abril del 2015.

Fuente: Propia

De acuerdo a la Canasta del COLCAP las anteriores acciones son las seleccionadas para realizar el estudio, no obstante, las que se mencionan a continuación y están resaltadas en la tabla no serán analizadas puesto que no cumplen con la información histórica que se requiere:

- **PFCEMARGOS:** La acción preferencial de Cementos Argos empezó su emisión el 22 de abril de 2013 en la Bolsa de Valores de Colombia, enlistando 182 millones de acciones preferenciales y sin derecho a voto.
- **PFAVAL:** La acción preferencial del Grupo Aval emitió este tipo de acciones el 12 de mayo de 2011, en una operación que comprendía inicialmente una cantidad base correspondiente a ochocientos millones (800.000.000) de acciones y una cantidad máxima correspondiente a mil seiscientos millones (1.600.000.000) de acciones preferenciales del grupo.
- **PFDVIVIENDA:** La acción preferencial de Davivienda se negoció por primera vez en la Bolsa de Valores de Colombia el 5 de octubre del año 2010, esta institución financiera decidió en la reunión de la junta directiva del día 11 de mayo de 2010, emitir veintiséis millones (26.000.000) de acciones preferenciales, el cual otorga el derecho de percibir un Dividendo Mínimo Preferencial que corresponde al cero punto cinco por ciento (0.5%) semestral sobre el Precio de Suscripción de cada Acción Preferencial Ofrecida y la cual se pagará de manera preferencial respecto del que corresponda a las Acciones Ordinarias.

- CLH: La acción de la cementera CEMEX Latam Holding S.A, compañía subordinada del Grupo CEMEX, la cual tiene sus operaciones en el sector de la construcción ofreciendo productos y servicios en Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala y Brasil, y que reúne los activos de la cementera en Centroamérica, Colombia y el norte de Brasil. Es un holding que optó por ser una empresa pública listada en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) a partir del 16 de Noviembre de 2012, emitiendo 70.388.000 nuevas acciones ordinarias.
- PFAVH: La acción preferencial de la empresa Avianca Holdings, empezó la cotización bajo este nemotécnico a partir del 22 de julio del año 2013, anteriormente la cotización se realizaba bajo el nombre de PFAVTA, amparada en el cambio de razón social de la compañía el 28 de enero de 2011, el cual era AviancaTaca Holding S.A., la acción de PFAVTA inicio su cotización en la Bolsa de Valores de Colombia el 11 de mayo de 2011 a un precio promedio de 5604 pesos por acción. Cabe resaltar que antes de la alianza estratégica realizada por Avianca (constituida en Colombia y el Grupo Taca Holding (constituida en las Bahamas), la empresa colombiana realizo una emisión de Bonos el 25 de agosto de 2009.
- CNEC: La acción de la Empresa petrolera Canacol Energy se emitió el 21 de julio del 2010 a un precio de 1875 pesos por acción.

De igual forma a continuación se menciona los cambios de nemotécnicos de las empresas seleccionadas:

- GRUPOARGOS: A partir del 25 de julio de 2013 la acción del GRUPO ARGOS tiene el actual nemotécnico, ya que en los años anteriores se denominaba INVERARGOS.
- NUTRESA: El nemotécnico de esta acción antes del 13 de abril de 2011 era CHOCOLATES.
- CELSIA: La acción de la empresa del sector eléctrico, se negociaba antes del 18 de abril de 2012 bajo el nombre de COLINVERS (Colombia de inversiones).

7.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Como rango de estudio se tomará desde el 1 de Enero del año 2010 hasta el 31 de diciembre del año 2014. Toda la información del año 2015 será tomada como base para realizar comparaciones, conclusiones y recomendación de acuerdo a la comparación de los modelos teóricos *versus* la realidad de cada una de las acciones o de cada uno de los portafolios.

El estudio será realizado sobre un total de 14 acciones:

ECOPETROL (ECOPETROL)

BANCO BANCOLOMBIA (PFBCOLOM)

GRUPO ARGOS S.A.S. (GRUPOARGOS)

ISAGEN (ISAGEN)

ISA INTERCONEXION ELECTRICA (ISA)

GRUPO NUTRESA S.A. (NUTRESA)

ÉXITO (ÉXITO)

CORFICOLOMBIANA ANTES CORFIVAL (CORFICOLCF)

BOLSA DE VALORES DE COLOMBIA (BVC)

CELSIA S.A. E.S.P. (CELSIA)

BANCO DE BOGOTA (BOGOTA)

EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA S.A. E.S.P. (EEB)

GRUPOSURA (GRUPOSURA)

PACIFIC EXPLOR AND PROD CORP (PREC)

En estos 5 años de estudio se tiene un total de 1222 registros validos de todas las 14 acciones.

En total se obtienen 1222 precios unitarios por cada una de las 14 acciones, estos datos son tomados del reporte diario de la Bolsa de Valores de Colombia. La base de datos de la Bolsa de Valores tiene los precios promedio, los precios mínimos, los precios máximos y los precios de cierre por cada una de las 14 acciones.

7.3. ANALISIS DE INFORMACIÓN.

Al tener estos precios unitarios es necesario encontrar el retorno de cada acción, entendiendo por retorno la diferencia porcentual de un día determinado con respecto al día anterior. Esta ecuación se deriva de la **Ecuación N° 8**

$$RT_{t+1} = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}$$

Ecuación 13: Retornos de un portafolio

Si se habla en el sentido estricto del término retorno se debe sumar a esta ecuación los dividendos asociados a la utilidad de la acción, e igualmente se debe sumar la rentabilidad de dichos dividendos. Pero como generalmente estos dos últimos términos son muy poco significativos sobre la expresión dada por la ecuación anterior, e igualmente, estos dos últimos términos no están directamente asociados al precio de la acción sino a su comportamiento empresarial en la ejecución de su actividad económica, se decide no incluirlos dentro del retorno total.

Como se puede observar de la anterior ecuación si el precio actual (P_{t+1}) es inferior al precio anterior (P_t) el retorno dará negativo. Y por el contrario si el precio actual es superior al precio anterior dará un retorno positivo. Con esta ecuación se han obtenido un total de 1221 retornos para cada acción.

Como casos particulares es necesario nombrar las acciones de CELSIA y de EEB, ya que realizaron un movimiento financiero denominado “desdoblamiento de acciones” (Split). Resulta siendo un movimiento para aumentar la liquidez de las acciones y para convertir estas en activos variables más atractivos ya que su valor individual disminuye y se convierten en acciones más fáciles de negociar. Para el caso de CELSIA dicho movimiento se dio el 23 de mayo del año 2010. Cada una de las acciones fue dividida en 10 partes iguales, en ese momento el valor nominal de cada acción era de \$ 59.180, por lo tanto, cada acción quedo con un valor de \$ 5.180 y cada accionista por cada acción que tenía, paso a tener 10.

Para el caso de EEB, este movimiento fue realizado el 20 de Junio del 2011, pero en este caso cada acción fue dividida en 100 partes iguales pasando de tener un valor nominal de \$ 162.000 a \$ 1.620 por acción. Estos movimientos no generan ninguna dificultad en el análisis de datos ya que el dato de estudio es la rentabilidad diaria.

7.3.1. Prueba de Aleatoriedad

Para realizar un análisis estadístico de la serie de datos es necesario comprobar la aleatoriedad de los mismos. Para esto se ha utilizado la función *runstest()* del Tolbox estadístico de MatLab. Se ha decidido comprobar la aleatoriedad de los retornos obtenidos mediante los precios promedio y los precios de cierre de cada acción. Los resultados se muestran en la Tabla N° 8.

	Precio de cierre	Precio Medio
ECOPETROL	Aleatorios	No Aleatorios
PFBCOLOM	Aleatorios	No Aleatorios
GRUPOARGOS	Aleatorios	No Aleatorios
ISAGEN	Aleatorios	No Aleatorios
ISA	Aleatorios	No Aleatorios
NUTRESA	Aleatorios	No Aleatorios
EXITO	Aleatorios	No Aleatorios
CORFICOLCF	Aleatorios	No Aleatorios
BVC	Aleatorios	No Aleatorios
CELSIA	No Aleatorios	No Aleatorios
BOGOTA	Aleatorios	Aleatorios
EEB	Aleatorios	No Aleatorios
GRUPOSURA	Aleatorios	No Aleatorios
PREC	No Aleatorios	No Aleatorios

Tabla 8. Prueba de aleatoriedad de los retornos de las acciones en estudio.
Fuente propia.

Contrario a lo que se podría pensar de que el dato del precio promedio puede representar en forma correcta el comportamiento del precio en determinado día, se evidencia que los retornos obtenidos con este dato no tienen un comportamiento aleatorio, los datos que serán usados para continuar con el desarrollo del trabajo serán los retornos obtenidos con los precios de cierre reportados por la Bolsa de Valores de Colombia.

Cabe aclarar que los retornos obtenidos del precio de cierre de las acciones de CELSIA Y PREC no han dado aleatorios, por tal motivo serán excluidos de las siguientes etapas del presente estudio. Se presume que para el caso de CELSIA, este no tiene un comportamiento aleatorio, por la gran concentración accionaria y dependencia que tiene del Grupo Argos (52.4%, iniciando el año 2016) lo que conlleva a que cualquier decisión que este tome influenciara las decisiones de los otros accionistas. Una posible decisión que se tomó para fomentar la redistribución de las acciones fue el movimiento Split que se generó en el año 2010.

Para el caso de PREC la no aleatoriedad se debe a varios factores que terminaron en especulación y que hicieron que los accionistas vendieran en forma masiva las acciones en el primer trimestre del año 2014. Dichos factores van desde el proyecto de extracción denominado STAR que finalmente fue un fracaso, hasta las bajas inversiones en el último trimestre del 2013 e iniciando el 2014.

En esta etapa se recomienda el estudio en profundidad de los retornos calculados con el precio promedio ya que estos presentan un comportamiento no aleatorio lo cual indica que se puede encontrar algún tipo de modelo matemático teórico o experimental que describa con cierta confianza el comportamiento promedio de las acciones, lo cual daría bastante información útil para realizar estudios posteriores.

7.3.2. Estadísticos descriptivos

Con las 12 acciones que quedan dentro del estudio se encontraran todos los estadísticos que describen en forma general la serie de datos.

	Promedio (\bar{x})	Varianza (S^2)	Desviación (S)	Outliers	
				-3s	+3s
ECOPETROL	-3.5917E-05	0.00022477	0.01499241	11	3
PFBCOLOM	0.00027998	0.00018793	0.01370888	6	11
GRUPOARGOS	0.00015858	0.00023512	0.01533374	14	11
ISAGEN	0.00033596	0.00018216	0.01349654	4	9
ISA	-0.00021359	0.00023816	0.0154325	9	6
NUTRESA	0.000318	0.00013778	0.01173784	9	6
ÉXITO	0.00042739	0.00021914	0.01480353	3	7
CORFICOLCF	0.00050773	0.00011793	0.01085956	9	8
BVC	-0.00014864	0.00025847	0.01607688	10	6
BOGOTA	0.00061315	0.00012279	0.01108124	10	17
EEB	0.00049648	0.00043698	0.02090404	3	2
GRUPOSURA	0.00048447	0.00019906	0.01410901	8	14

Tabla 9. Estadísticos.

Fuente: Propia

En la tabla anterior se muestran los estadísticos de las 12 acciones seleccionadas previamente. Los outliers se muestran calculados con la desviación estándar que cuenta los datos que se encuentran a más de tres desviaciones estándar por encima y por debajo de la media, de este modo se interpreta que por ejemplo en el caso de Ecopetrol y de los

1222 días analizados solo once veces la pérdida fue superior al 4.5% (-0.000035917 - 3*0.01499)

Se observa que:

- Las acciones que presentan mayores números de datos atípicos son: GRUPOARGOS Y BOGOTA.
- La acción que más número de veces ha tenido las mayores pérdidas respecto a su media ($\bar{x}-3s$) con un total de 14 veces es GRUPOARGOS.
- La acción que más número de veces ha tenido las mayores ganancias respecto a su media ($\bar{x}+3s$) con un total de 17 veces es BOGOTA.

De lo anterior se puede intuir que la acción más rentable será la acción de BOGOTA y por lo tanto será la acción que representara la mayor ganancia, pero también la que representa la mayor pérdida; será la única acción que conformara el último portafolio de la frontera eficiente de Markowitz.

Como análisis adicional cabe mencionar que se presentan unas variaciones significativas entre el primer día de enero del 2010 y el último de diciembre del 2014. Hay acciones que han aumentado considerablemente su valor y otras han disminuido significativa. Este tipo de análisis es útil para los inversionistas que no tienen interés alguno de vender las acciones a largo plazo y que por lo tanto les puede resultar más atractivo el aumento de precio en tiempos largos.

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA
Precio Inicial	\$ 2,495	\$ 22,820	\$ 19,500	\$ 2,200	\$ 12,960	\$ 21,100
Precio Final	\$ 2,080	\$ 28,640	\$ 20,500	\$ 2,965	\$ 8,630	\$ 28,600
Dif inicial vs. Final	-16.6%	25.5%	5.1%	34.8%	-33.4%	35.5%
Rentabilidad anual	-4.4%	5.8%	1.3%	7.7%	-9.7%	7.9%

	ÉXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
Precio Inicial	\$ 19,800	\$ 23,100	\$ 30	\$ 33,700	\$ 1,200	\$ 25,000
Precio Final	\$ 29,200	\$ 39,960	\$ 21	\$ 66,100	\$ 1,700	\$ 40,000
Dif inicial vs. Final	47.5%	73.0%	-28.8%	96.1%	41.7%	60.0%
Rentabilidad anual	10.2%	14.7%	-8.1%	18.3%	9.1%	12.5%

Tabla 10. Variación de precios enero de 2010 y diciembre de 2014.

Fuente: Propia

Como se puede observar si se tiene en cuenta la diferencia entre precios en este periodo de tiempo se evidencia que hay activos que tienen rentabilidades de más del 18% anual que evidentemente es muy superior a la tasa libre de riesgo de la economía colombiana.

8. DEFINICIÓN DE LOS PORTAFOLIOS

Para estimar el riesgo del mercado por cualquier metodología es necesario construir carteras de inversión que indiquen que acciones se deben incluir en el portafolio y cuánto se debe invertir en cada una de estas acciones. Como cabe notar la combinación de acciones y el porcentaje a invertir en cada una da como resultado toda una nube de posibilidades, en muchas ocasiones estas posibilidades no generan buen rendimiento a un porcentaje de riesgo aceptable.

Afortunadamente, gracias al modelo matemático de Markowitz, se puede generar unos portafolios cuya característica es que asumiendo un riesgo determinado se puede obtener el mayor beneficio posible. Dichos portafolios son conocidos como frontera eficiente ya que forman una línea en la cual al asumir un riesgo se obtiene la máxima ganancia o al asumir una ganancia se asume el mínimo riesgo.

La frontera eficiente es generada mediante el retorno promedio y la correspondiente matriz de varianzas y covarianzas del total de acciones que van a conformar el portafolio. Dicha frontera es generada mediante la función *froncont(R,V,W)* de MatLab, donde R es la matriz de Retornos promedios correspondiente a las acciones estudiadas; V es la matriz de varianzas y covarianzas pertenecientes a las acciones estudiadas; y W es número de retornos que se quieren encontrar bajo las condiciones establecidas.

8.1. DEFINICION MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS

La varianza y por lo tanto la covarianza (variabilidad de una serie de datos respecto a otra) es una de las variables principales al momento de encontrar la frontera eficiente y por lo tanto los posibles portafolios óptimos de inversión. Una pequeña diferencia en esta matriz representa una gran diferencia en la configuración de las acciones y por lo tanto el peso de cada acción en el portafolio.

La matriz de varianzas y covarianzas es generada mediante, esta ecuación se deriva de la **Ecuación N° 9**

$$\sigma^2 = \sigma_1 \sigma_2 \rho$$

Ecuación 14: Matriz de Varianzas y Covarianzas

Donde σ_1 es la desviación del activo uno, σ_2 es la desviación del activo dos y ρ es el coeficiente de correlación que varía entre 1 y -1, siendo 1 una correlación total y -1 una correlación inversamente proporcional. Como se puede observar si $\sigma_1 = \sigma_2$ y ρ es igual a 1 entonces esta ecuación corresponde a la varianza de un activo.

8.1.1. Coeficientes de correlación.

Como anteriormente se ha anotado, para encontrar el coeficiente de correlación, a saberse, hay 3 metodologías diferentes: Pearson, Kendall y Spearman. Para encontrar estos tres coeficientes es utilizado el motor estadístico de MatLab. Se utilizada la función `corr(W,'type','name')` donde `W` es la matriz de datos, y `name` es el tipo de coeficiente, Pearson, Kendall o Spearman.

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	EXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
ECOPETROL	1	0.336	0.348	0.260	0.330	0.309	0.277	0.274	0.215	0.203	0.086	0.399
PFBCOLOM	0.336	1	0.338	0.241	0.293	0.312	0.277	0.276	0.226	0.199	0.128	0.454
GRUPOARGOS	0.348	0.338	1	0.298	0.433	0.296	0.391	0.294	0.207	0.140	0.147	0.507
ISAGEN	0.260	0.241	0.298	1	0.344	0.271	0.212	0.241	0.222	0.163	0.115	0.336
ISA	0.330	0.293	0.433	0.344	1	0.288	0.371	0.313	0.193	0.151	0.158	0.433
NUTRESA	0.309	0.312	0.296	0.271	0.288	1	0.310	0.280	0.259	0.226	0.158	0.345
EXITO	0.277	0.277	0.391	0.212	0.371	0.310	1	0.242	0.153	0.096	0.103	0.370
CORFICOLCF	0.274	0.276	0.294	0.241	0.313	0.280	0.242	1	0.218	0.188	0.100	0.339
BVC	0.215	0.226	0.207	0.222	0.193	0.259	0.153	0.218	1	0.169	0.119	0.224
BOGOTA	0.203	0.199	0.140	0.163	0.151	0.226	0.096	0.188	0.169	1	0.085	0.200
EEB	0.086	0.128	0.147	0.115	0.158	0.158	0.103	0.100	0.119	0.085	1	0.139
GRUPOSURA	0.399	0.454	0.507	0.336	0.433	0.345	0.370	0.339	0.224	0.200	0.139	1

Tabla 11. Mapa de calor coeficiente de Pearson: Rojo – Alta Correlación; Verde – Baja Correlación.
Fuente: Propia

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	EXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
ECOPETROL	1	0.243	0.226	0.199	0.216	0.212	0.159	0.184	0.141	0.119	0.122	0.259
PFBCOLOM	0.243	1	0.221	0.186	0.200	0.191	0.169	0.198	0.146	0.123	0.141	0.272
GRUPOARGOS	0.226	0.221	1	0.209	0.271	0.192	0.243	0.194	0.126	0.078	0.128	0.312
ISAGEN	0.199	0.186	0.209	1	0.243	0.196	0.145	0.163	0.152	0.124	0.135	0.224
ISA	0.216	0.200	0.271	0.243	1	0.196	0.236	0.199	0.113	0.103	0.154	0.269
NUTRESA	0.212	0.191	0.192	0.196	0.196	1	0.201	0.171	0.165	0.144	0.189	0.218
EXITO	0.159	0.169	0.243	0.145	0.236	0.201	1	0.162	0.093	0.049	0.104	0.222
CORFICOLCF	0.184	0.198	0.194	0.163	0.199	0.171	0.162	1	0.127	0.113	0.093	0.231
BVC	0.141	0.146	0.126	0.152	0.113	0.165	0.093	0.127	1	0.109	0.131	0.135
BOGOTA	0.119	0.123	0.078	0.124	0.103	0.144	0.049	0.113	0.109	1	0.100	0.130
EEB	0.122	0.141	0.128	0.135	0.154	0.189	0.104	0.093	0.131	0.100	1	0.160
GRUPOSURA	0.259	0.272	0.312	0.224	0.269	0.218	0.222	0.231	0.135	0.130	0.160	1

Tabla 12. Mapa de calor coeficiente de Kendall: Rojo – Alta Correlación; Verde – Baja Correlación.
Fuente: Propia

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	EXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
ECOPETROL	1	0.348	0.327	0.287	0.312	0.309	0.230	0.267	0.205	0.173	0.175	0.371
PFBCOLOM	0.348	1	0.320	0.272	0.294	0.277	0.246	0.287	0.211	0.178	0.204	0.392
GRUPOARGOS	0.327	0.320	1	0.300	0.388	0.276	0.348	0.281	0.184	0.114	0.185	0.442
ISAGEN	0.287	0.272	0.300	1	0.350	0.283	0.212	0.236	0.219	0.181	0.195	0.324
ISA	0.312	0.294	0.388	0.350	1	0.286	0.340	0.289	0.164	0.150	0.223	0.386

NUTRESA	0.309	0.277	0.276	0.283	0.286	1	0.293	0.247	0.238	0.208	0.277	0.313
EXITO	0.230	0.246	0.348	0.212	0.340	0.293	1	0.234	0.134	0.072	0.152	0.321
CORFICOLCF	0.267	0.287	0.281	0.236	0.289	0.247	0.234	1	0.184	0.165	0.135	0.333
BVC	0.205	0.211	0.184	0.219	0.164	0.238	0.134	0.184	1	0.158	0.187	0.196
BOGOTA	0.173	0.178	0.114	0.181	0.150	0.208	0.072	0.165	0.158	1	0.144	0.189
EEB	0.175	0.204	0.185	0.195	0.223	0.277	0.152	0.135	0.187	0.144	1	0.231
GRUPOSURA	0.371	0.392	0.442	0.324	0.386	0.313	0.321	0.333	0.196	0.189	0.231	1

**Tabla 13. Mapa de calor coeficiente de Spearman: Rojo – Alta Correlación; Verde – Baja Correlación.
Fuente: Propia**

Como se puede observar al calcular el coeficiente de correlación por medio de Pearson, se observa que en general este tiende a aumentar un poco más la correlación de las acciones si se compara con los coeficientes de correlación de Kendall y Spearman.

También es de resaltar que ningún coeficiente de correlación es negativa, por lo tanto ninguna acción se comporta inversa al comportamiento general del mercado colombiano. Esto se puede deber a la poca robustez del mercado colombiano y que por lo tanto cuando hay una caída generalizada del mercado todas las acciones tienden a bajar y viceversa.

Se nota como tendencia general en los tres coeficientes que la acción menos recomendada por su alta dependencia al resto de acciones es la de GRUPOSURA (en promedio: Pearson – 0.34; Kendall – 0.221; Spearman – 0.318). Esto puede ser porque dicho grupo tiene una alta presencia en todo el mercado colombiano con el denominado *Sindicato Antioqueño (Grupo Empresarial Antioqueño)*

Las acciones que presentan la menor correlación con el resto de las acciones estudiadas son: BOGOTA (en promedio: Pearson – 0.165; Kendall – 0.108; Spearman – 0.157) y EEB (en promedio: Pearson – 0.121; Kendall – 0.132; Spearman – 0.192).

8.1.2. Matriz

Luego de tener claridad sobre el coeficiente de correlación, es posible encontrar la matriz de covarianzas.

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	EXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
ECOPETROL	0.0002250	0.0000691	0.0000801	0.0000527	0.0000764	0.0000544	0.0000616	0.0000446	0.0000517	0.0000338	0.0000269	0.0000844
PFBCOLOM	0.0000691	0.0001881	0.0000710	0.0000447	0.0000620	0.0000503	0.0000562	0.0000411	0.0000499	0.0000303	0.0000367	0.0000878
GRUPOARGOS	0.0000801	0.0000710	0.0002353	0.0000617	0.0001026	0.0000532	0.0000889	0.0000489	0.0000509	0.0000238	0.0000470	0.0001099
ISAGEN	0.0000527	0.0000447	0.0000617	0.0001823	0.0000716	0.0000430	0.0000424	0.0000354	0.0000482	0.0000244	0.0000324	0.0000641
ISA	0.0000764	0.0000620	0.0001026	0.0000716	0.0002384	0.0000521	0.0000849	0.0000525	0.0000479	0.0000259	0.0000510	0.0000943
NUTRESA	0.0000544	0.0000503	0.0000532	0.0000430	0.0000521	0.0001379	0.0000539	0.0000358	0.0000490	0.0000294	0.0000387	0.0000571
EXITO	0.0000616	0.0000562	0.0000889	0.0000424	0.0000849	0.0000539	0.0002193	0.0000390	0.0000365	0.0000157	0.0000318	0.0000773
CORFICOLCF	0.0000446	0.0000411	0.0000489	0.0000354	0.0000525	0.0000358	0.0000390	0.0001180	0.0000381	0.0000226	0.0000226	0.0000519
BVC	0.0000517	0.0000499	0.0000509	0.0000482	0.0000479	0.0000490	0.0000365	0.0000381	0.0002587	0.0000302	0.0000399	0.0000509
BOGOTA	0.0000338	0.0000303	0.0000238	0.0000244	0.0000259	0.0000294	0.0000157	0.0000226	0.0000302	0.0001229	0.0000196	0.0000313
EEB	0.0000269	0.0000367	0.0000470	0.0000324	0.0000510	0.0000387	0.0000318	0.0000226	0.0000399	0.0000196	0.0004373	0.0000410
GRUPOSURA	0.0000844	0.0000878	0.0001099	0.0000641	0.0000943	0.0000571	0.0000773	0.0000519	0.0000509	0.0000313	0.0000410	0.0001992

Tabla 14. Matriz de varianzas y covarianzas hallada con el coeficiente de correlación de Pearson.

Fuente: Propia

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	EXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
ECOPETROL	0.0002250	0.0000499	0.0000519	0.0000403	0.0000500	0.0000374	0.0000354	0.0000300	0.0000340	0.0000198	0.0000384	0.0000547
PFBCOLOM	0.0000499	0.0001881	0.0000466	0.0000344	0.0000423	0.0000308	0.0000343	0.0000295	0.0000321	0.0000186	0.0000405	0.0000526
GRUPOARGOS	0.0000519	0.0000466	0.0002353	0.0000432	0.0000643	0.0000346	0.0000552	0.0000324	0.0000311	0.0000133	0.0000412	0.0000675
ISAGEN	0.0000403	0.0000344	0.0000432	0.0001823	0.0000507	0.0000311	0.0000291	0.0000239	0.0000330	0.0000186	0.0000380	0.0000427
ISA	0.0000500	0.0000423	0.0000643	0.0000507	0.0002384	0.0000355	0.0000539	0.0000333	0.0000280	0.0000176	0.0000496	0.0000586
NUTRESA	0.0000374	0.0000308	0.0000346	0.0000311	0.0000355	0.0001379	0.0000349	0.0000218	0.0000312	0.0000187	0.0000464	0.0000361
ÉXITO	0.0000354	0.0000343	0.0000552	0.0000291	0.0000539	0.0000349	0.0002193	0.0000261	0.0000220	0.0000081	0.0000321	0.0000464
CORFICOLCF	0.0000300	0.0000295	0.0000324	0.0000239	0.0000333	0.0000218	0.0000261	0.0001180	0.0000221	0.0000137	0.0000210	0.0000354
BVC	0.0000340	0.0000321	0.0000311	0.0000330	0.0000280	0.0000312	0.0000220	0.0000221	0.0002587	0.0000195	0.0000440	0.0000307
BOGOTA	0.0000198	0.0000186	0.0000133	0.0000186	0.0000176	0.0000187	0.0000081	0.0000137	0.0000195	0.0001229	0.0000232	0.0000203
EEB	0.0000384	0.0000405	0.0000412	0.0000380	0.0000496	0.0000464	0.0000321	0.0000210	0.0000440	0.0000232	0.0004373	0.0000471
GRUPOSURA	0.0000547	0.0000526	0.0000675	0.0000427	0.0000586	0.0000361	0.0000464	0.0000354	0.0000307	0.0000203	0.0000471	0.0001992

Tabla 15. Matriz de varianzas y covarianzas hallada con el coeficiente de correlación de Kendall.

Fuente: Propia

	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	EXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
ECOPETROL	0.0002250	0.0000717	0.0000752	0.0000581	0.0000722	0.0000544	0.0000512	0.0000435	0.0000496	0.0000288	0.0000548	0.0000786
PFBCOLOM	0.0000717	0.0001881	0.0000674	0.0000504	0.0000622	0.0000445	0.0000500	0.0000428	0.0000466	0.0000271	0.0000586	0.0000758
GRUPOARGOS	0.0000752	0.0000674	0.0002353	0.0000620	0.0000918	0.0000497	0.0000791	0.0000468	0.0000454	0.0000194	0.0000594	0.0000956
ISAGEN	0.0000581	0.0000504	0.0000620	0.0001823	0.0000729	0.0000449	0.0000424	0.0000347	0.0000475	0.0000271	0.0000551	0.0000617
ISA	0.0000722	0.0000622	0.0000918	0.0000729	0.0002384	0.0000518	0.0000778	0.0000485	0.0000406	0.0000257	0.0000719	0.0000841
NUTRESA	0.0000544	0.0000445	0.0000497	0.0000449	0.0000518	0.0001379	0.0000509	0.0000315	0.0000450	0.0000271	0.0000679	0.0000520
EXITO	0.0000512	0.0000500	0.0000791	0.0000424	0.0000778	0.0000509	0.0002193	0.0000377	0.0000319	0.0000118	0.0000470	0.0000672
CORFICOLCF	0.0000435	0.0000428	0.0000468	0.0000347	0.0000485	0.0000315	0.0000377	0.0001180	0.0000321	0.0000198	0.0000308	0.0000511
BVC	0.0000496	0.0000466	0.0000454	0.0000475	0.0000406	0.0000450	0.0000319	0.0000321	0.0002587	0.0000281	0.0000628	0.0000445
BOGOTA	0.0000288	0.0000271	0.0000194	0.0000271	0.0000257	0.0000271	0.0000118	0.0000198	0.0000281	0.0001229	0.0000334	0.0000296
EEB	0.0000548	0.0000586	0.0000594	0.0000551	0.0000719	0.0000679	0.0000470	0.0000308	0.0000628	0.0000334	0.0004373	0.0000682
GRUPOSURA	0.0000786	0.0000758	0.0000956	0.0000617	0.0000841	0.0000520	0.0000672	0.0000511	0.0000445	0.0000296	0.0000682	0.0001992

Tabla 16. Matriz de varianzas y covarianzas hallada con el coeficiente de correlación de Spearman.

Fuente: Propia

8.2. CONFORMACIÓN DEL PORTAFOLIO.

Ya con todas las variables definidas se encuentran los portafolios óptimos de inversión para cada uno de los coeficientes de correlación. Se escogerán 6 portafolios por cada uno de los coeficientes, lo que dará un total de 18 portafolios óptimos; se consideran óptimos porque a un mínimo nivel de riesgo se obtendrá el mayor nivel de retorno. Esta es la característica fundamental de la frontera eficiente. Cada una de las series de portafolios relacionada a cada uno de los coeficientes se presentarán de manera ascendente: el primer portafolio será el de menor riesgo, pero el de menor retorno y el ultimo portafolio será el mayor riesgo, pero se obtendrá el mayor retorno posible.

8.2.1. Portafolio con coeficiente de Pearson

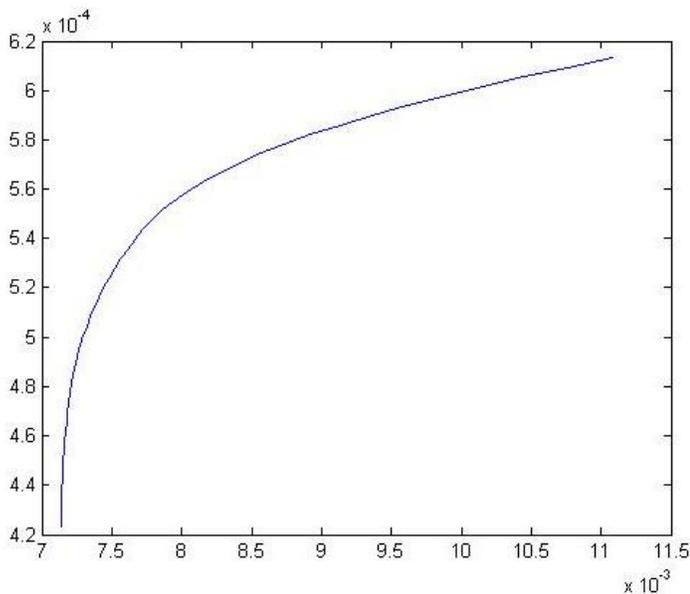


Ilustración 6. Frontera eficiente – Coeficiente de Pearson
Fuente: Propia

N°	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	NUTRESA	ÉXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
1	2.61%	6.02%	0.82%	10.39%	12.05%	8.05%	22.41%	5.19%	26.81%	5.63%	
2	0.23%	5.84%		10.56%	11.82%	8.94%	24.43%	2.68%	29.43%	6.01%	0.05%
3		2.66%		8.91%	8.91%	9.29%	26.96%		34.33%	6.60%	2.35%
4				4.04%	0.51%	9.30%	30.38%		43.05%	7.36%	5.36%
5							27.56%		64.36%	5.89%	2.19%
6									100.00%		

Tabla 17. Ponderadores – Coeficiente de Pearson
Fuente: Propia

En los primeros portafolios entran a participar la mayor cantidad de acciones, siendo esto coherente con la teoría de diversificación de portafolios ya que estos, aunque tienen el

menor riesgo, también tienen el menor retorno. Vale la pena resaltar una condición particular que pasa con el comportamiento de la participación de la acción GRUPOSURA y CORFICOL ya que al contrario de las otras acciones que empiezan creciendo o decreciendo de acuerdo a si aumenta el riesgo o no, esta acción empieza con una participación baja y termina con una participación baja.

El último portafolio, el de mayor riesgo y mayor retorno está compuesto por una única acción, siendo esto, igualmente coherente con la teoría de portafolios ya que es el portafolio con menor diversificación.

8.2.2. Portafolio con coeficiente de Kendall

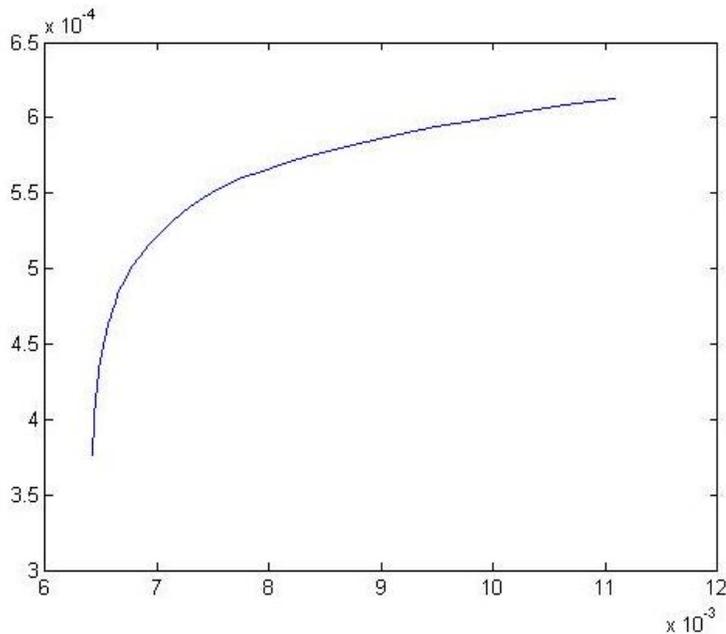


Ilustración 7. Frontera eficiente – Coeficiente de Kendall

Fuente: Propia

N°	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	ÉXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
1	3.97%	6.71%	3.36%	8.34%	2.61%	12.83%	7.77%	19.76%	6.53%	23.41%	2.06%	2.64%
2	2.31%	6.56%	2.79%	8.75%	0.01%	12.80%	8.55%	21.50%	4.59%	25.58%	2.59%	3.97%
3		5.82%	1.04%	8.69%		12.19%	9.31%	23.91%	0.93%	29.12%	3.30%	5.68%
4		0.07%		5.22%		6.15%	9.75%	28.06%		37.81%	4.53%	8.39%
5						2.17%	28.75%			57.81%	4.34%	6.93%
6										100.00%		

Tabla 18. Ponderadores – Coeficiente de Kendall

Fuente: Propia

Para este caso la composición de los portafolios varía significativamente ya que, por ejemplo, en los dos primeros portafolios (los portafolios de menor riesgo) están incluidas todas las acciones estudiadas.

Igual que en los portafolios hallados con el coeficiente de Pearson, la única acción que compone el último portafolio es la acción BOGOTA

8.2.3. Portafolio con coeficiente de Spearman

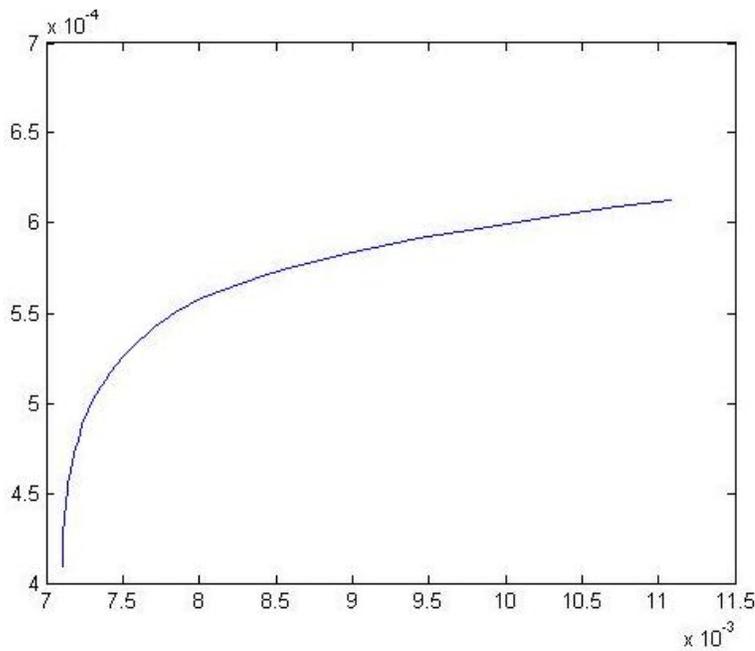


Ilustración 8. Frontera eficiente – Coeficiente de Spearman
Fuente: Propia

N°	ECOPETROL	PFBCOLOM	GRUPOARGOS	ISAGEN	ISA	NUTRESA	ÉXITO	CORFICOLCF	BVC	BOGOTA	EEB	GRUPOSURA
1	2.53%	5.96%	2.38%	8.40%	0.51%	13.30%	8.66%	23.04%	6.36%	27.53%	1.33%	
2	0.27%	5.64%	1.33%	8.59%		13.02%	9.33%	24.80%	4.01%	29.84%	1.86%	1.30%
3		4.21%		8.15%		11.73%	9.94%	27.04%		33.38%	2.64%	2.91%
4				3.43%		3.53%	10.26%	30.82%		42.35%	4.00%	5.61%
5							1.12%	29.90%		62.40%	3.28%	3.30%
6										100.00%		

Tabla 19. Ponderadores – Coeficiente de Spearman
Fuente: Propia

La composición de este portafolio es muy similar a la composición de los portafolios hallados con el coeficiente de correlación de Kendall.

En este punto se concluye que el portafolio óptimo con un perfil de inversión de alto riesgo es el conformado únicamente por la acción de BOGOTÁ: los tres coeficientes muestran lo mismo.

RESUMEN

En este capítulo se han estudiado tres formas diferentes de hallar los porcentajes a invertir en un portafolio. Esto debido a que cada combinación de portafolios está directamente relacionado a las covarianzas entre los diferentes componentes del portafolio y esta covarianza está ligada a diferentes estimadores de coeficientes de correlación: Pearson, Kendall, Spearman.

9. MEDICION DEL VALOR EN RIESGO

Inicialmente se calculará el Valor en Riesgo de cada uno de los 18 portafolios con el Método Delta – Normal. Posterior a esto al haber estimado el riesgo del mercado por la metodología más utilizada en la actualidad se explorarán otras alternativas, que, por mucho, demandan más complejidad matemática, pero que no parten de ningún supuesto estadístico.

9.1. MÉTODO DELTA - NORMAL

El Valor en Riesgo es calculado como la raíz del producto vectorial entre la transpuesta del vector de ponderadores de cada portafolio (Dichos ponderadores se encuentra relacionados de la Tabla N°14 a la Tabla N°19) la matriz de varianzas y covarianzas y el vector de ponderadores, todo esto multiplicado por el valor de confianza dado por la tabla de la distribución normal: **Ecuación N° 10**

A continuación, se relacionan el retorno esperado para cada portafolio (TABLA N° 20)

	Portafolios (valor en porcentaje)					
	1	2	3	4	5	6
Pearson	-0.01174016	-0.01178367	-0.0119681	-0.01252607	-0.01408755	-0.01823611
Kendall	-0.01056881	-0.01061946	-0.01082536	-0.01140667	-0.01305505	-0.01823611
Spearman	-0.01168767	-0.01172963	-0.01190336	-0.01241642	-0.01389689	-0.01823611

Tabla 20: Valor Riesgo calculado con el Método Delta – Normal

Fuente: Propia

Se observa que al calcular el Valor en Riesgo por el método Delta Normal los portafolios con mayor riesgo corresponden a los hallados en el último portafolio, también se observa que bajo los tres coeficientes el valor de riesgo en este portafolio es el mismo, esto se explica fácilmente al revisar que este está compuesto por una única acción que es la misma en los tres casos

Al comparar los resultados de forma individual se observa que la estimación de riesgo más estricta es la hallada mediante el coeficiente de correlación de Pearson, esto se puede explicar si se toma en cuenta que el valor de dicho coeficiente es calculado con todos los puntos de la serie histórica, por lo tanto, plantea una mayor correlación ya que no toma grupos o rangos de puntos dentro de la serie, como lo plantean los otros dos coeficientes.

9.2. TEORIA DE VALORES EXTREMOS (EVT)

La Teoría de Valores Extremos (EVT, por sus siglas en inglés) tiene como base la Distribución Generalizada de Pareto y tiene la característica que describe la probabilidad

de ocurrencia de eventos que son considerados como raros o en pocas palabras de datos Outliers.

El método como tal consiste en una serie de pasos en los cuales se extraen unos datos de las series de tiempo para generar los parámetros de la Distribución Generalizada de Pareto (**Ecuación N°15**).

$$f(k, \sigma, \mu) = 1 - \left(1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{k}\right)} \quad \text{Ecuación 15: Distribución Generalizada de Pareto}$$

Donde μ = Es el parámetro de localización.

Donde σ = Es el parámetro de escala.

Donde k = Es el parámetro de forma.

Para seleccionar los datos que son el insumo de dicha función, es necesario ordenar la serie de tiempo de menor a mayor y con base a esto seleccionar el primer cuartil de dicha serie. Por lo tanto, se seleccionan el 25% inferior de los datos. Para el caso de los presentes portafolios se seleccionan 305 datos correspondientes al 25% de del total de 1221 datos. A esta nueva serie de datos se les aplica la siguiente ecuación llamada la ecuación de Hill (**Ecuación N° 16**).

$$H_k = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\ln(x_i) - \ln(x_{i+1})) \quad \text{Ecuación 16: Umbral de Hill}$$

$k = 1, 2, 3... n-1$; siendo $n =$ el 25% del total de datos = $n/4$

Luego con base en estos cálculos se grafican los pares ordenados $(k, (H_k)-1)$, los cuales formaran un gráfico que tiende a estabilizarse luego de cierto punto. Este punto es calculado gráficamente y es llamado en la académica como el umbral u .

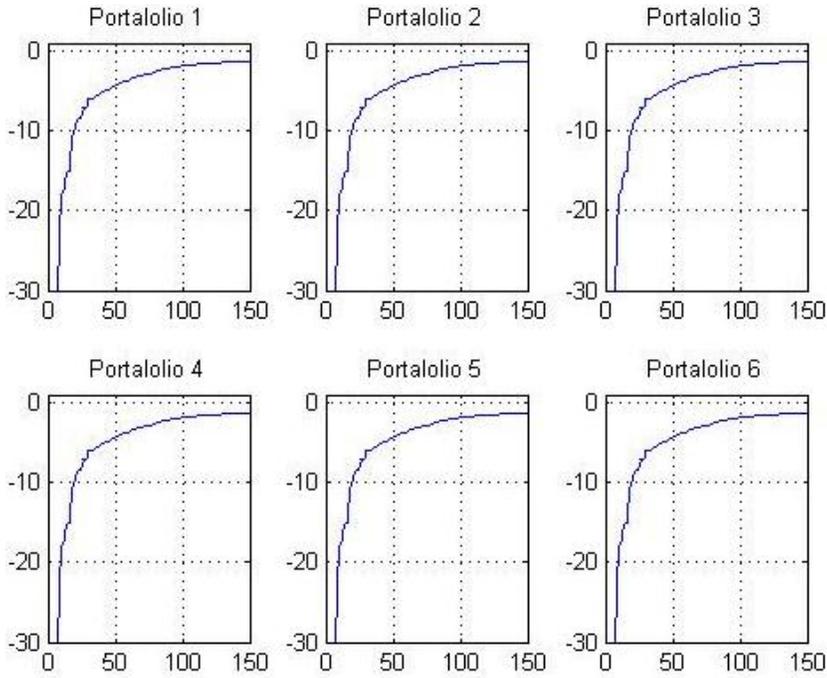


Ilustración 9: Ecuación de Hill para el coeficiente de correlación de Pearson.
Fuente: Propia

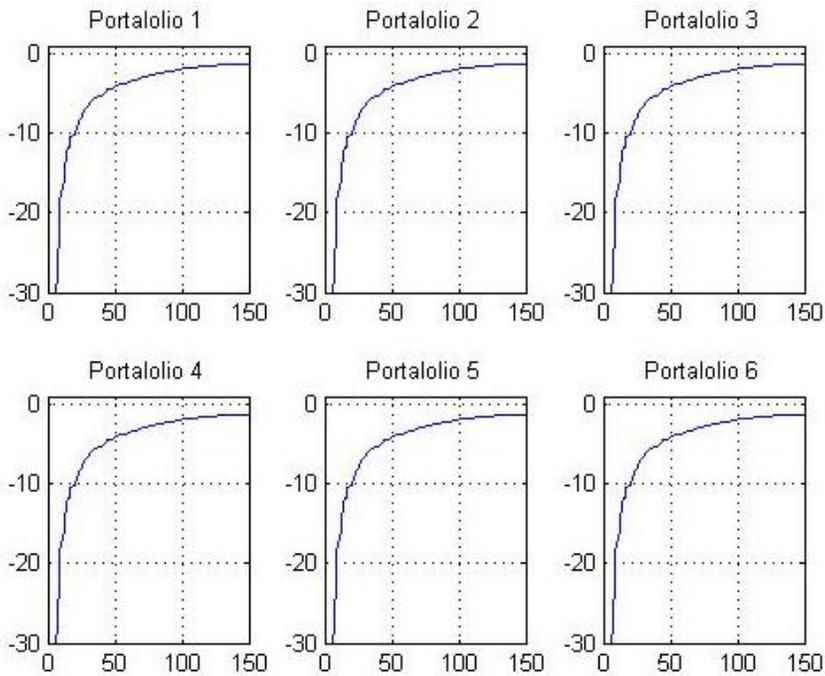


Ilustración 10: Ecuación de Hill para el coeficiente de correlación de Kendall.
Fuente: Propia

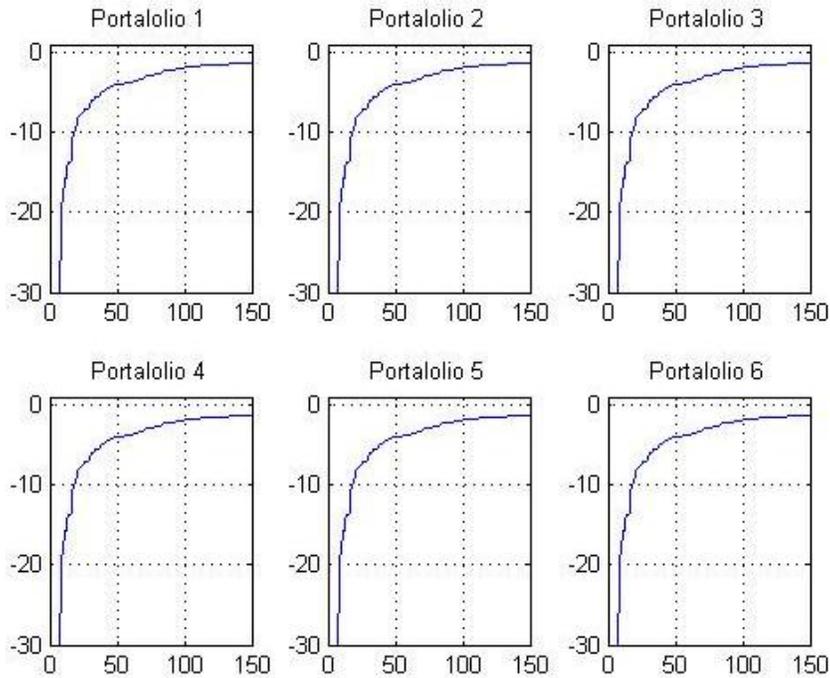


Ilustración 11: Ecuación de Hill para el coeficiente de correlación de Spearman.

Fuente: Propia

Se puede notar que, aunque todos los portafolios tienen como base números diferentes, cada una de las gráficas tiende a estabilizarse en el mismo punto, en aproximadamente 150 datos.

Luego con los datos que están por debajo de dicho umbral se calcula los parámetros de la Distribución Generalizada de Pareto: k, σ, μ

El parámetro de localización μ es aproximado a cero, ya que, al ser este parámetro, el lugar en el cual se ubica la curva de la distribución, para la utilización en esta temática, este parámetro, no tiene importancia (es importante la desviación de los datos respecto a la media, mas no la media en sí). Por lo tanto, la Distribución Generalizada de Pareto que se encuentra relacionada en la **Ecuación N° 17**.

$$f(k, \sigma) = 1 - \left(1 + k \frac{(x)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{k}\right)}$$

Ecuación 17: Distribución Generalizada de Pareto

Estos parámetros pueden ser estimados utilizando el método de mínimos cuadrados, el método de momentos o en su defecto estimarlos mediante el método de máxima verosimilitud que es, por mucho, el método más aceptado estadísticamente para el

cálculo de los parámetros que caracterizan las funciones teóricas. Al igual se puede disponer de un software estadísticos o matemáticos para estos propósitos.

Por lo tanto, estos 150 datos inferiores son utilizados para encontrar los dos parámetros de la Distribución Generalizada de Pareto. (Tabla N° 21) Dichos parámetros son calculados con la función *gpfitt()* del motor matemático de MatLab, dichos parámetros son calculados por Máxima Verosimilitud que encuentra los parámetros para que la serie de datos tenga la mayor probabilidad de ocurrencia.

Pearson						
	Portafolio 1	Portafolio 2	Portafolio 3	Portafolio 4	Portafolio 5	Portafolio 6
σ	-0.015879	-0.015656	-0.015589	-0.016114	-0.018786	-0.024604
k	-0.451000	-0.442700	-0.428900	-0.424800	-0.489000	-0.488300
Kendall						
	Portafolio 1	Portafolio 2	Portafolio 3	Portafolio 4	Portafolio 5	Portafolio 6
σ	-0.016464	-0.016056	-0.015752	-0.015782	-0.017687	-0.024604
k	-0.462600	-0.447300	-0.435400	-0.413400	-0.455200	-0.488300
Spearman						
	Portafolio 1	Portafolio 2	Portafolio 3	Portafolio 4	Portafolio 5	Portafolio 6
σ	-0.016065	-0.015760	-0.015683	-0.015985	-0.018418	-0.024604
k	-0.445000	-0.433400	-0.429600	-0.416000	-0.476000	-0.488300

Tabla 21: Parámetros de la distribución generalizada de Pareto.

Fuente: Propia

Al tener los parámetros de esta distribución, ya se puede calcular el riesgo del mercado (x) (**Ecuación N° 18**).

$$x = \frac{\sigma}{k} \left((1 - p)^{-k} - 1 \right)$$

Ecuación 18: Valor en Riesgo EVT

	Portafolio 1	Portafolio 2	Portafolio 3	Portafolio 4	Portafolio 5	Portafolio 6
Pearson	-0.026091	-0.025976	-0.026290	-0.027308	-0.029539	-0.038718
Kendall	-0.026688	-0.026497	-0.026361	-0.027111	-0.028920	-0.038718
Spearman	-0.026583	-0.026438	-0.026426	-0.027375	-0.029395	-0.038718

Tabla 22: VaR por la teoría de valores extremos.

Fuente: Propia

Al aplicar estrictamente la metodología expuesta se obtienen estos resultados, que sobrepasan claramente los resultados expuestos mediante la metodología Delta Normal. Esto se ve representado en que el menor riesgo encontrado al aplicar la metodología Delta-Normal, es el primer portafolio del coeficiente de correlación de Kendall que tiene un valor en riesgo de -0.01056881% y el riesgo de este mismo portafolio con EVT es de -0.026688%. Caso contrario el mayor riesgo, correspondiente a la ultimo portafolio (que es el mismo para los tres coeficientes), calculado con Delta Normal es de -0.01823611 y calculado con EVT es de -0.038718. Siendo esto así se puede notar que al estimar el riesgo con esta metodología se ve un incremento de más del 100%. Por lo tanto, se puede concluir que la metodología de valores extremos es mucho más estricta que la metodología Delta Normal.

De igual forma al utilizar la definición del segundo momento estadístico, o la desviación estándar se puede obtener un dato de cuanto se dispersan los datos respecto a la media. Al contemplar el parámetro sigma de la Distribución Generalizada de Pareto, se puede notar que este dato se asemeja mucho más a los datos obtenidos mediante la metodología Delta-Normal (TABLA N° 23)

	Portafolio 1	Portafolio 2	Portafolio 3	Portafolio 4	Portafolio 5	Portafolio 6
Pearson	-0.015879	-0.015656	-0.015589	-0.016114	-0.018786	-0.024604
Kendall	-0.016464	-0.016056	-0.015752	-0.015782	-0.017687	-0.024604
Spearman	-0.016065	-0.015760	-0.015683	-0.015985	-0.018418	-0.024604

Tabla 23: VaR por el segundo momento estadístico en la teoría de valores extremos.

Fuente: Propia

Sin embargo, se conserva como constante que dichos resultados están 0.4 o 0.5 puntos porcentuales por encima de la metodología Delta-Normal. En páginas siguientes se hará una comparación exhaustiva de dichas metodologías.

9.3. EXPLORACION DE OTRAS METODOLOGIAS.

Debido a la importancia que posiblemente tenga el 25% de los menores datos (los 305 datos utilizados para la metodología de Valores Extremos), se decide analizar dicha información más exhaustivamente.

Para ello se usa el Software estadístico Stat Fit del paquete estadístico de Promodel. Con este Software se hace la prueba de Bondad y Ajuste para esta serie de datos. El programa estadístico por defecto hace la prueba con las siguientes funciones teóricas:

- Beta
- Johnson SB
- LogLogistic
- Lognormal
- Pearson 5

- Power Function
- Rayleigh
- Triangular
- Uniform
- Weibull

Al analizar los retornos diarios de los 18 portafolios se obtiene la siguiente información:

	Pearson - Kendall – Spearman					
	Portafolio 1	Portafolio 2	Portafolio 3	Portafolio 4	Portafolio 5	Portafolio 6
Beta	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta
Johnson SB	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
LogLogistic	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
Lognormal	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
Pearson 5	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
Power Function	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta	Acepta
Rayleigh	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
Triangular	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
Uniform	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza
Weibull	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza	Rechaza

Tabla 24: Pruebas de Bondad y ajuste. (6 portafolios).

Fuente: Propia

Se observa como constante que la función Beta y la Función de Potencia, son las únicas que describen los datos en forma aceptable.

En el presente estudio no se analizara la Función de Potencia ya que está en si no es una función de distribución de probabilidad sino una ecuación que representa la tendencia de los datos.

9.3.1. FDP Beta

Se usará la Función de Densidad de Probabilidad Beta (FDP-Beta) para encontrar un numero x tal que bajo los parámetros conocidos de la función satisfaga un área bajo la curva del 0.95 lo que corresponde a una confianza del 95% (Ecuación N° 19).

$$f(x) = \frac{x^{a_1-1}(1-x)^{a_2-1}}{B(a_1, a_2)} = P \quad \text{Ecuación 19: FDP Beta}$$

Siendo:

P = 0.95, área bajo la curva o nivel de confianza establecido.

a_1 = Parámetro conocido encontrado con máxima verosimilitud.

a_2 = Parámetro conocido encontrado con máxima verosimilitud.

$B(a_1, a_2)$ = Función Beta dependiente de los parámetros a_1, a_2

Los parámetros a_1, a_2 y son hallados con el Software StatFit que utiliza la Metodología de Máxima Verosimilitud para poder asegurar la mayor confiabilidad y ajuste de dichos parámetros.

	Pearson		Kendall		Spearman	
	a_1	a_2	a_1	a_2	a_1	a_2
Portafolio 1	188.264	0.907123	185.089	0.98656	190.576	0.950409
Portafolio 2	197.455	0.965105	193.027	0.960359	202.024	0.99625
Portafolio 3	198.927	0.985605	202.23	1.02312	205.037	1.01529
Portafolio 4	199.88	1.0481	192.798	0.969626	198.522	1.01614
Portafolio 5	166.161	0.95789	163.206	0.895434	174.255	1.00969
Portafolio 6	113.53	0.931236	113.53	0.931236	113.53	0.931236

Tabla 25: Parámetros de la Función Beta.

Fuente: Propia

Con estos parámetros y haciendo uso de la función $beta(a_1, a_2)$ de Matlab se calcula el valor de la Función Beta:

	Pearson	Kendall	Spearman
Portafolio 1	0.0092	0.0058	0.007
Portafolio 2	0.0062	0.0065	0.0051
Portafolio 3	0.0055	0.0043	0.0045
Portafolio 4	0.0038	0.0062	0.0046
Portafolio 5	0.0077	0.0112	0.0054
Portafolio 6	0.0127	0.0127	0.0127

Tabla 26: Valores de la Función Beta

Fuente: Propia

Con los parámetros hallados y un área bajo la curva (confianza) del 95%, es posible encontrar el valor de la variable x, ya que se tiene una ecuación con una incógnita.

Ecuación N° 20.

$$x^{a_1-1}(1-x)^{a_2-1} = 0.95 * B(a_1, a_2) \quad \text{Ecuación 20: Valor en Riesgo FDP Beta}$$

Esta ecuación es no lineal y presenta dos exponenciales de diferente indole, el primero es un número considerablemente alto, y el segundo es inferior a uno, por esta razón se debe recurrir a utilizar un motor matemático que ayude a despejar dicha ecuación. Para tal fin se utiliza MatLab y la función interna $solve()$ que despeja las incógnitas de cualquier arreglo cuadrado de ecuaciones. La ecuación que finalmente queda es: $solve('(x^{(a_1-1)}*((1-x)^{(a_2-1)}))-P*(B(a_1, a_2))=0')$

Al ejecutar este comando se obtiene que en la mayoría de casos entrega una solución con una parte real y una parte imaginaria. Para el presente documento se tomará la parte real como solución a la metodología propuesta.

	Pearson	Kendall	Spearman
Portafolio 1	--	0.97218881	0.84369534
Portafolio 2	0.97429475	0.97399213	--
Portafolio 3	--	0.93797624	0.97356926
Portafolio 4	--	--	--
Portafolio 5	0.23029245	0.97277584	--
Portafolio 6	0.94230947	0.94230947	0.94230947

Tabla 27: Resultado ecuación de la función Beta.

Fuente: Propia

Los casos en donde no se reporta valor se debe a que la función de Matlab (*solve*) no encontró solución en el conjunto real de los números.

Debido a que la FDP-Beta está en el intervalo cerrado [0,1] se utilizarán los valores relacionados en la Tabla N° 19 para restarlos a uno y así poder encontrar los datos que finalmente serán los utilizados para hacer el análisis (Tabla N° 28).

	Pearson	Kendall	Spearman
Portafolio 1	--	-0.02781119	-0.15630466
Portafolio 2	-0.02570525	-0.02600787	--
Portafolio 3	--	-0.06202376	-0.02643074
Portafolio 4	--	--	--
Portafolio 5	-0.76970755	-0.02722416	--
Portafolio 6	-0.05769053	-0.05769053	-0.05769053

Tabla 28: Valor en Riesgo por la FDP Beta.

Fuente: Propia

A excepción de los tres valores resaltados, los datos obtenidos con esta metodología están acorde con la teoría de portafolios, ya que al asumir un mayor retorno en cada portafolio, necesariamente hay un mayor riesgo de pérdida.

RESUMEN

En este capítulo se han explorado cuatro metodologías para estimar el valor en riesgo de un portafolio establecido: Método Delta-Normal (VaR), Teoría de Valores extremos, Segundo momento estadístico de la Distribución Generalizada de Pareto y Aproximación

por la Función de Distribución de Probabilidad Beta. De estas cuatro metodologías tres han dado resultados satisfactorios a excepción del método aplicado de la FDP Beta.

Hasta este punto como conclusiones generales cabe resaltar que el método cuyo resultado es más flexible (menor riesgo), es la metodología Delta-Normal; la metodología cuyo valor es más estricto esta entre la Teoría de Valores Extremos y la Aproximación por la FDP Beta (para los casos en los que se pudo calcular); para la metodología Delta-Normal el resultado más estricto es el estimado el coeficiente de correlación Pearson y el menos estricto es el hallado mediante el coeficiente correlación de Kendall; para la metodología de Teoría de Valores extremos el coeficiente de correlación Spearman da el resultado más estricto, y el menos estricto es el estimado mediante el coeficiente de correlación de Pearson; para el Segundo Momento Estadístico de la Distribución Pareto el resultado más estricto es el estimado el coeficiente de correlación Kendall y el menos estricto es el estimado mediante el coeficiente de correlación de Pearson. No se pueden generalizar los resultados respecto a la aproximación por FDB ya que no todos los portafolios dieron resultados coherentes.

	Portafolios (valor en porcentaje)											
	1				2				3			
	Delta - Normal	σ Pareto	EVT	Beta	Delta - Normal	σ Pareto	EVT	Beta	Delta - Normal	σ Pareto	EVT	Beta
Pearson	-0.01174016	-0.015879	-0.026091	--	-0.01178367	-0.015656	-0.025976	-0.02570525	-0.0119681	-0.015589	-0.02629	--
Kendall	-0.01056881	-0.016464	-0.026688	-0.02781119	-0.01061946	-0.016056	-0.026497	-0.02600787	-0.01082536	-0.015752	-0.026361	--
Spearman	-0.01168767	-0.016065	-0.026583	--	-0.01172963	-0.01576	-0.026438	--	-0.01190336	-0.015683	-0.026426	-0.02643074
	Portafolios (valor en porcentaje)											
	4				5				6			
	Delta - Normal	σ Pareto	EVT	Beta	Delta - Normal	σ Pareto	EVT	Beta	Delta - Normal	σ Pareto	EVT	Beta
Pearson	-0.01252607	-0.016114	-0.027308	--	-0.01408755	-0.018786	-0.029539	--	-0.01823611	-0.024604	-0.038718	-0.05769053
Kendall	-0.01140667	-0.015782	-0.027111	--	-0.01305505	-0.017687	-0.02892	-0.02722416	-0.01823611	-0.024604	-0.038718	-0.05769053
Spearman	-0.01241642	-0.015985	-0.027375	--	-0.01389689	-0.018418	-0.029395	--	-0.01823611	-0.024604	-0.038718	-0.05769053

Tabla 29: Resumen del cálculo Valor en Riesgo por diferentes métodos y parámetros.

Fuente: propia

10. COMPARACION DE RESULTADOS Y ANALISIS DE RETROINSPECCIÓN – BACKTESTING

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cálculo del Valor en Riesgo por los métodos: Delta-Normal, Teoría de Valores Extremos, FDP Beta y Segundo Momento estadístico de la Distribución de Pareto se procede a la validación del modelo a través de la metodología retrospectiva llamada BACKTESTING con el fin de comprobar su calidad y efectividad.

El Backtesting es un procedimiento estadístico utilizado para validar la calidad y la precisión de algunos modelos, mediante la comparación de los resultados reales de las posiciones de trading con las medidas de riesgo generadas por los modelos. El proceso de Backtesting implica calcular excepciones, entendidas como la cantidad de veces en que las pérdidas reales del período subsiguiente superaron a la medida estudiada del modelo estudiado. Una vez detectadas las excepciones, se evalúa si se compara el número de veces que se espera según la metodología BACKTESTING [58].

En otras palabras, el método Backtesting para este caso toma los Valores en Riesgo dados por las diferentes metodologías estudiadas anteriormente, y estos los compara con los datos reales, ya que se espera que el comportamiento de los datos futuros tenga un comportamiento similar a los datos históricos.

Esta metodología cuenta cuantas veces el modelo estimado falla (excepciones) durante un periodo determinado de tiempo (Para el caso de estudio comprende a un periodo de un año comprendido desde el 1 de enero de 2015 hasta el 31 de diciembre del 2015 lo que da un total de 241 retornos) y lo contrasta con la confiabilidad que se esté trabajando, para el caso una confiabilidad del 95%, por lo tanto, el modelo solo puede fallar o tener un 5% de excepciones.

En el II Congreso de Basilea, se establece que la metodología Backtesting se debe aplicar para estimar el capital de solvencia y para estimar la viabilidad de los modelos empíricos utilizados al momento de estimar el valor en riesgo de las entidades financieras

Existen unas características propias de la prueba Backtesting, estas son:

- Un porcentaje de confiabilidad con el cual se trabajaron las metodologías. Para este caso corresponde a un 95% de confianza y un 5% de excepciones. Para este caso como se tiene un horizonte de prueba con 241 datos de pérdidas y ganancias el modelo puede fallar máximo 12 veces.
- La tolerancia del 5% se establece para evitar errores de tipo I y II. El error de tipo I consiste en rechazar un modelo que es adecuado, el error tipo II consiste en aceptar un modelo que es inadecuado.

- Las fallas o excepciones se calculan contando el número de veces que los retornos del horizonte de tiempo real estudiado exceden al riesgo arrojado por las diferentes metodologías.
- El porcentaje de excepciones equivale al nivel de eficiencia del modelo será calculado así (**Ecuación N° 21**):

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ Excepciones}}{\text{N}^\circ \text{ Observaciones}}$$

Ecuación 21: Backtesting

		Pearson					
		1	2	3	4	5	6
Delta - Normal	Valor Riesgo	-0.01174016	-0.01178367	-0.0119681	-0.01252607	-0.01408755	-0.01823611
	Excepciones	21	21	21	20	15	10
	% Excep.	8.7%	8.7%	8.7%	8.3%	6.2%	4.1%
EVT	Valor Riesgo	-0.026091	-0.025976	-0.02629	-0.027308	-0.029539	-0.038718
	Excepciones	3	3	3	3	3	0
	% Excep.	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	0.0%
σ Pareto	Valor Riesgo	-0.015879	-0.015656	-0.015589	-0.016114	-0.018786	-0.024604
	Excepciones	12	13	13	12	9	4
	% Excep.	5.0%	5.4%	5.4%	5.0%	3.7%	1.7%
Beta	Valor Riesgo	--	-0.02570525	--	--	--	-0.05769053
	Excepciones	--	4	--	--	--	0
	% Excep.	--	1.7%	--	--	--	0.0%
		Kendall					
		1	2	3	4	5	6
Delta - Normal	Valor Riesgo	-0.01056881	-0.01061946	-0.01082536	-0.01140667	-0.01305505	-0.01823611
	Excepciones	25	25	25	23	15	10
	% Excep.	10.4%	10.4%	10.4%	9.5%	6.2%	4.1%
EVT	Valor Riesgo	-0.026688	-0.026497	-0.026361	-0.027111	-0.02892	-0.038718
	Excepciones	3	3	3	3	3	0
	% Excep.	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	0.0%
σ Pareto	Valor Riesgo	-0.016464	-0.016056	-0.015752	-0.015782	-0.017687	-0.024604
	Excepciones	12	12	12	12	10	4
	% Excep.	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	4.1%	1.7%
Beta	Valor Riesgo	-0.02781119	-0.02600787	--	--	-0.02722416	-0.05769053
	Excepciones	3	3	--	--	3	0
	% Excep.	1.2%	1.2%	--	--	1.2%	0.0%

		Spearman					
		1	2	3	4	5	6
Delta - Normal	Valor Riesgo	-0.01168767	-0.01172963	-0.01190336	-0.01241642	-0.01389689	-0.01823611
	Excepciones	21	21	21	21	15	10
	% Excep.	8.7%	8.7%	8.7%	8.7%	6.2%	4.1%
EVT	Valor Riesgo	-0.026583	-0.026438	-0.026426	-0.027375	-0.029395	-0.038718
	Excepciones	3	3	3	3	3	0
	% Excep.	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	0.0%
σ Pareto	Valor Riesgo	-0.016065	-0.01576	-0.015683	-0.015985	-0.018418	-0.024604
	Excepciones	12	12	13	12	10	4
	% Excep.	5.0%	5.0%	5.4%	5.0%	4.1%	1.7%
Beta	Valor Riesgo	--	--	-0.02643074	--	--	-0.05769053
	Excepciones	--	--	3	--	--	0
	% Excep.	--	--	1.2%	--	--	0.0%

Tabla 30. Backtesting para los diferentes Valores en Riesgo calculados.

Fuente: Propia

Como se puede observar al calcular el Valor en Riesgo mediante la metodología Delta – Normal la cantidad de excepciones es mucho mayor a la confianza estimada en el modelo. A excepción del último portafolio, el que se supone es el más riesgoso, en todos los portafolios y en todos los coeficientes se están presentando unas pérdidas mayores a las estimadas.

Caso contrario pasa con la Metodología de Valores Extremos en donde el número de veces en que la pérdida fue mayor a la estimada, es muy baja si se compara con las otras metodologías: no tuvo ni una sola excepción. Caso similar pasa con la aproximación por FDP Beta (para los casos en los que aplica la comparación)

El sigma de la Distribución Generalizada de Pareto se sigue presentando como una metodología conservadora que no castiga con un alto riesgo, pero tampoco lo subestima.

A continuación se relacionan algunos ejemplos gráficos de la Metodología Backtesting.

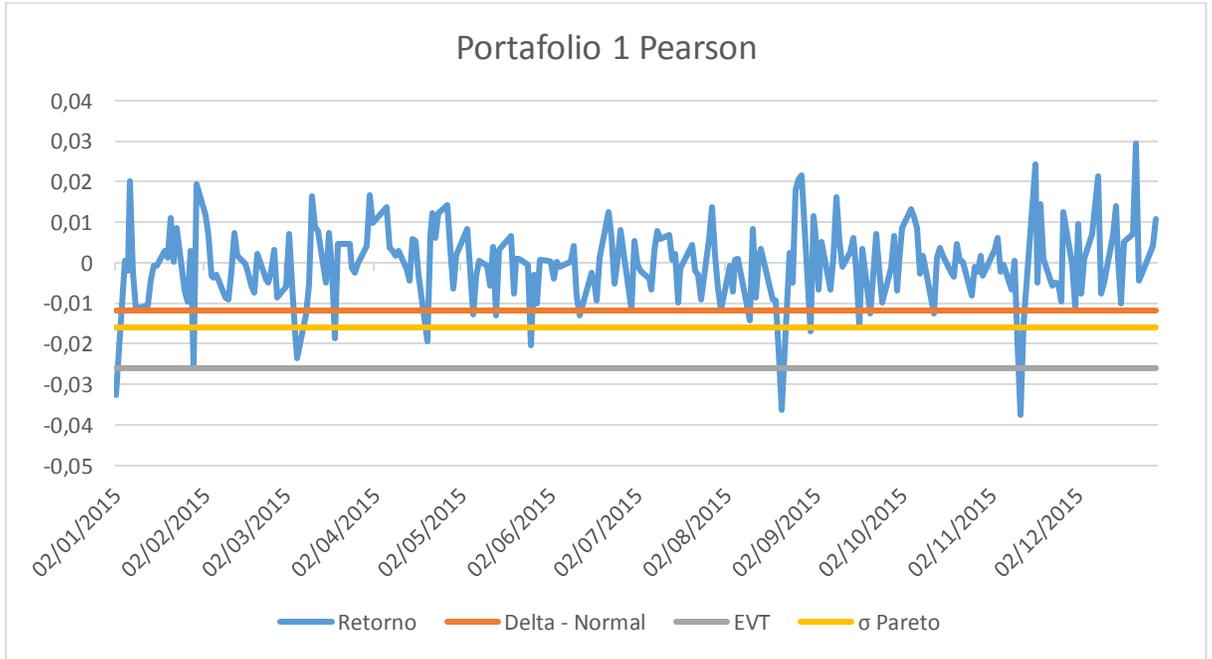


Ilustración 12: Backtesting portafolio 1 (coeficiente de correlación de Pearson).
Fuente: Propia

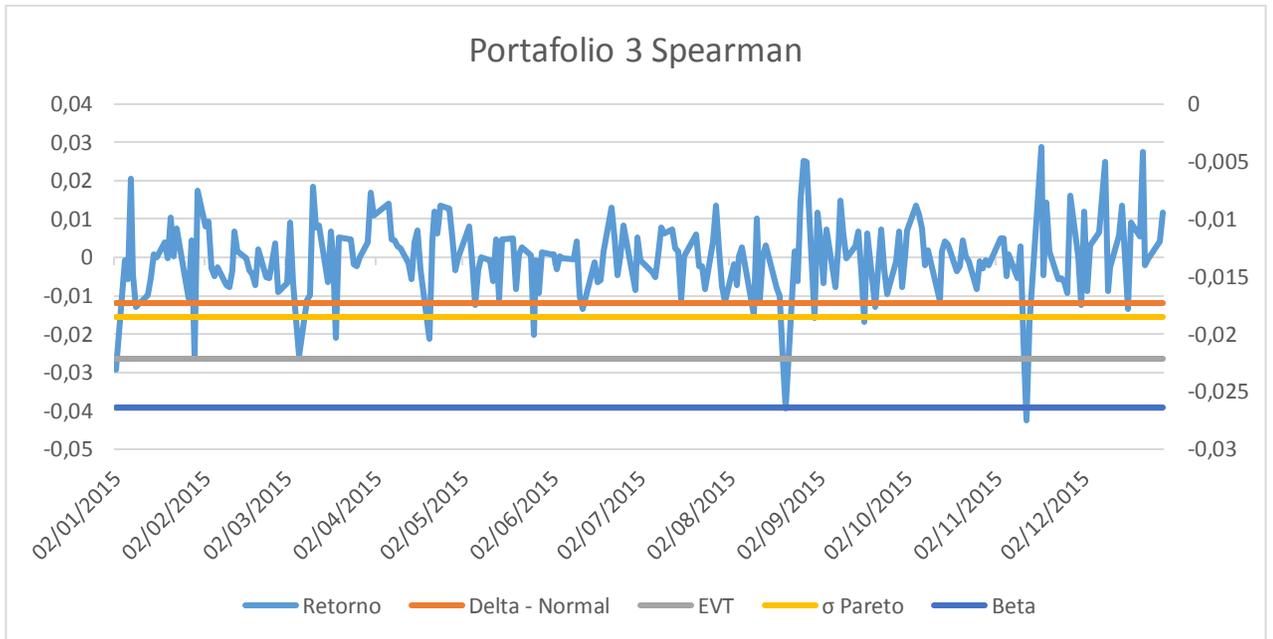


Ilustración 13: Backtesting portafolio 3 (Coeficiente de correlación de Spearman)
Fuente: Propia

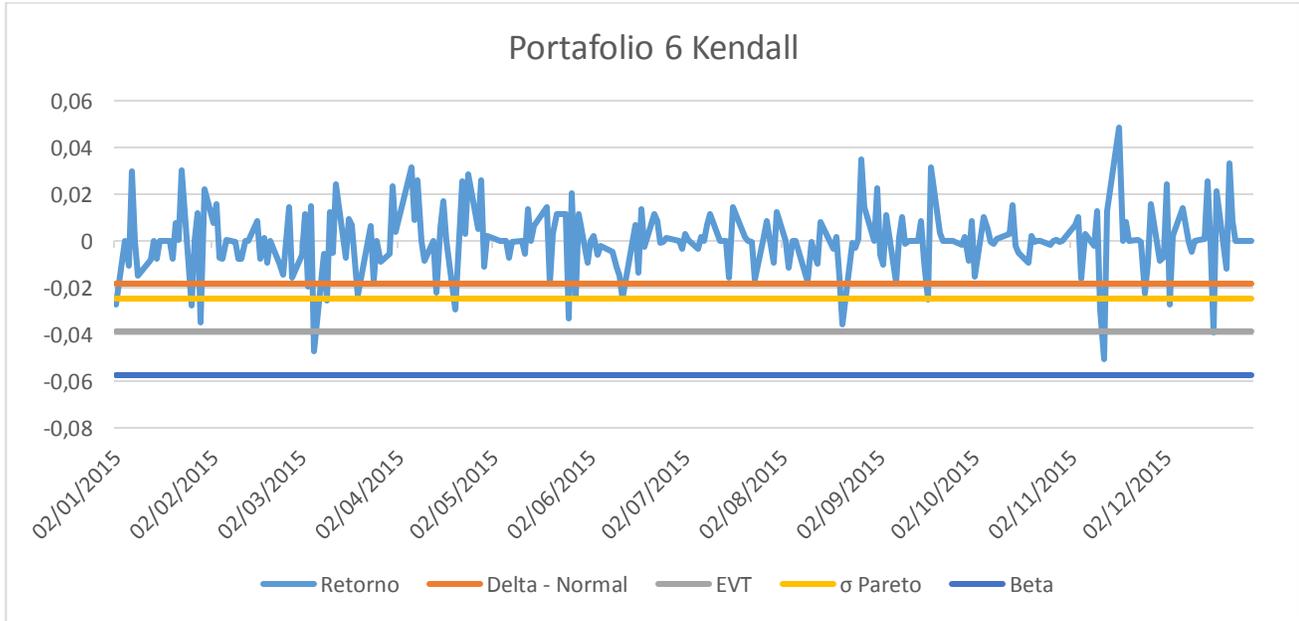


Ilustración 14: Backtesting portafolio 6 (Coeficiente de correlación de Kendall)
Fuente: Propia

11. CONCLUSIONES

- Las metodologías con enfoque paramétrico para el cálculo del VaR, son herramientas confiables al momento de definir a cuanto equivale el riesgo que está asumiendo un inversionista según su tolerancia y la esperanza de rentabilidad que tenga, estas se destacan por tener una rigidez estadística y robustez matemática, no obstante, requieren de un conocimiento y una experticia de mayor nivel por parte del inversionista para ser aplicadas.
- De las metodologías estudiadas en el presente trabajo de investigación, el VaR calculado con la metodología Delta-Normal y el parámetro de coeficiente correlación de Kendall, es el de menor riesgo, lo cual era de esperarse puesto que es la metodología más tradicional y asume características normales en la serie de tiempo, caso contrario al VaR calculado por la teoría de valores extremos (EVT) y el parámetro de coeficiente de correlación de Kendall, el cual da como resultado un valor más alto del VaR, siendo este el método menos flexible y el más conservador. En lo que respecta a las metodologías del Segundo Momento estadístico de Pareto y la Función de Probabilidad de Beta, el primero se inclina a resultados del VaR entre el método aplicado con el Delta-Normal y el de la Teoría Valores extremos, y el segundo, a pesar de que sus resultados no son concluyentes y no se presenta como un método confiable, se inclina más a hacer un método conservador para el cálculo del VaR, observándose valores cercanos a los obtenidos con la Teoría Valores extremos.
- El VaR calculado en las diferentes metodologías propuestas, permiten concluir que los parámetros estadísticos, en este caso los coeficientes de correlación juegan un papel importante al momento de establecer perfiles conservadores y flexibles, en lo que respecta a la tolerancia de los inversionistas frente al riesgo, en el caso de esta investigación, se evidenció que el coeficiente de correlación lineal de Pearson permite valores del VaR más conservadores que los calculados con los coeficientes de correlación por rangos de Kendall y Spearman.
- Como anteriormente se ha mencionado con el fin de observar la calidad y confiabilidad de los pronósticos obtenidos, se ha utilizado la metodología de Backtesting para la validación de modelos, respecto a esta investigación se toma un horizonte de tiempo que comprende desde el 1 de enero de 2015 hasta el 31 de diciembre de 2015 lo que da un total de 241 datos a los cuales se le hallan los retornos con la Ecuación N° 8 y estos son contrastados con los valores arrojados

por las diferentes metodologías con que fue hallado el Riesgo del Mercado, sobre este tratamiento se observa que la metodología que es más eficiente y presenta el menor número de excepciones (# veces que los retornos reales exceden al riesgo), es el VaR calculado por la Teoría de Valores extremos, el cual da un porcentaje de excepciones del 1,2% en prácticamente todos los portafolios estudiados, de igual forma en los portafolios en los que fue posible calcular el VaR por medio de la Función de probabilidad de Beta, los resultados del Backtesting fueron positivos, el resultado anterior se puede deber a que se presentan importantes distorsiones en el mercado Colombiano, lo que provoca fluctuaciones más altas en los precios y en los retornos de igual manera, por lo tanto al tener Valores en Riesgo más altos y posiciones más conservadoras, estos pueden cubrirlas.

- El cálculo del Valor en Riesgo sigue siendo una metodología aceptable para determinar qué tan expuestos se encuentran los inversionistas a los diferentes tipos de riesgos del mercado en función del tipo de posiciones asumidos por estas, tales como: tasas de interés en moneda local, tasas de interés en moneda extranjera, tipo de cambio, precio de acciones e inversiones en carteras colectivas.
- El mercado de renta variable colombiano presenta una serie de distorsiones que se identifican al momento de establecer la dependencia entre las acciones y las pruebas de aleatoriedad, algunas de las causas de dichas distorsiones son: varias empresas de grandes grupos económicos del país cotizan en la bolsa (Sindicato antioqueño: Sura, Argos y Nutresa), pocas empresas del mismo sector económico (Energía: Celsia y EEB, sin contar con Isagen por la venta a Brookfield), acciones de carácter especulativa (Tablemac, Fabricato, etc.), bajos volúmenes de negociación y pocas empresas enlistadas en la Bolsa de valores (74 a enero de 2016) respecto a otros mercados.
- Existen diferentes métodos para el cálculo del VaR que requieren de programas o software con gran robustez, lo que no permite que sean una buena opción para los inversionistas principiantes, al momento de establecer a que riesgo están expuestos, ya que además de ser métodos basados en modelos matemáticos y estadística avanzada, no son fácilmente replicables al instante, lo cual es una importante restricción si se tiene en cuenta la alta volatilidad de los mercados.
- En el presente documento solo se usó el modelo de Markowitz como instrumento base para conformar los portafolios óptimos de inversión. No se exploraron otras metodologías de conformación de portafolios porque estaban fuera de contexto del presente estudio. Además, se parte del supuesto que el modelo de Markowitz es

académicamente aceptado como una aproximación indicada de un portafolio óptimo de inversión.

12. RECOMENDACIONES

- Las últimas crisis financieras, tales como la de los créditos hipotecarios “Subprime”, la burbuja informática, las crisis petroleras, entre otras, que dieron como resultado la caída de las Bolsas de Valores en todo el mundo, manifestaron las deficiencias significativas que tiene el diseño general del marco para la capitalización de las actividades de negociación, donde las medidas optadas para calcular las exigencias mínimas de capital por diferentes entidades financieras e inversionistas no pudieran cubrir las pérdidas a las que fueron expuestos, lo anterior género que en el último documento generado por el comité de supervisión Bancaria de Basilea, se destaque la importancia que las entidades financieras y los inversionistas migren de la utilización del VaR como indicador para determinar las posibles pérdidas a las que se está expuesto a la denominada como Expected Shortfall (ES), la cual permite tener en cuenta lo que se denomina como Tail Risk o riesgo de cola, siendo un método más confiable al momento de establecer a que riesgo se está expuesto al momento de invertir, por lo anterior se recomienda en próximas investigaciones comparar los valores obtenidos con el Expected Shortfall y los cálculos del VaR obtenidos por medio de las metodologías como el de la teoría de Valores extremos, el segundo momento estadístico de la distribución de Pareto y la función de probabilidad Beta, calculados con los parámetros de coeficiente de correlación por rangos Kendall y Spearman.
- Determinar la coherencia teórica y matemática de utilizar los estadísticos de la función de probabilidad de Beta, para el cálculo del VaR.
- Realizar la comparación de las metodologías expuestas en esta investigación en mercados de derivados de mayor madurez, tales como los observados en las Bolsas de valores de Chile, Perú o Brasil.
- Estudiar en mayor profundidad la posible implicación que puede llegar a tener el precio promedio diario de las acciones ya que según las pruebas de aleatoriedad los retornos calculados con estos precios no son aleatorios y por lo tanto debe existir una función teórica o empírica que describa con un nivel de confianza satisfactorio dichos promedios.

13. BILIOGRAFIA

- [1] Abad, Ana, Milena., Ballesteros, Jesus, David. (2013) Exploración de metodologías para el cálculo del valor en riesgo. Facultad de ingeniería industrial, Universidad Tecnológica de Pereira.
- [2] Mercado de derivados, Valores Bancolombia, Grupo Bancolombia. Recuperado 05 de noviembre, 2015, desde:
http://www.valoresbancolombia.com/cs/Satellite?c=Page&cid=1266349328871&pageName=ValoresBancolombia%2FVB_TemplateConHome.
- [3] Brealey Myers, Allen. (2010) Principios de Finanzas Corporativas. En: Introducción al Riesgo, a la Rentabilidad y al Coste de Oportunidad del Capital. (8) 177.
- [4] Brealey Myers, Allen (2010) Principios de Finanzas Corporativas. En: Introducción al Riesgo, a la Rentabilidad y al Coste de Oportunidad del Capital. (8) 161.
- [5] Johnson, Cristian Andrew. Métodos de Evaluación del Riesgo para Portafolios de Inversión. Recuperado 10 de noviembre, 2015, 6 (19), desde <http://ideas.repec.org/p/chb/bcchwp/67.html>.
- [6] Perez Hernandez, Francisco, (2010) curso básico de estadística descriptiva. Universidad autónoma de Madrid, recuperado 01 de diciembre, 2015, 1 (4), desde https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/fphernan/EconometriaTII.pdf.
- [7] Perez Hernandez, Francisco, (2010) curso básico de estadística descriptiva. Universidad autónoma de Madrid, recuperado 01 de diciembre, 2015, 1 (19-24), desde https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/fphernan/EconometriaTII.pdf.
- [8] Soto Mejía, José, (2007) Fundamentos teóricos de simulación discreta, Universidad Tecnológica de Pereira, facultad de Ingeniería Industrial.
- [9] Zapata, Carlos Julio, (2010) Análisis probabilístico y simulación, Universidad Tecnológica de Pereira, Grupo de investigación en planeamiento de sistemas eléctricos, facultad de ingeniería eléctrica, 6 (111).
- [10] Zapata, Carlos Julio, (2010) Análisis probabilístico y simulación, Universidad Tecnológica de Pereira, Grupo de investigación en planeamiento de sistemas eléctricos, facultad de ingeniería eléctrica, 6 (127).

[11] Angel, Juan., Sedano, Máximo., Vila, Alicia., Martínez, José Francisco., López, Anna, (2003) Modelos de probabilidad, Universitat Oberta de Catalunya, 1 (2), recuperado 10 de septiembre, 2015, desde http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Modelos_Probabilidad.pdf.

[12] Angel, Juan., Sedano, Máximo., Vila, Alicia., Martínez, José Francisco., López, Anna, (2003) Modelos de probabilidad, Universitat Oberta de Catalunya, 1 (3-5), recuperado 10 de septiembre, 2015, desde http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Modelos_Probabilidad.pdf.

[13] Hugo, S., Salinas, (2010) Estadística: Conceptos básicos y definiciones, Universidad de Atacama, Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería, 1 (70), recuperado 15 de septiembre, 2015, desde <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2010/eyp2/clase1.pdf>.

[14] García, Javier Gorgas., López, Nicolás Cardiel., Zamorano Calvo, Jaime, (2011) Estadística básica para estudiantes de ciencias, Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 3 (33-35), recuperado 20 de septiembre, 2015, desde http://pendientedemigracion.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf.

[15] Pita Fernández S., Pértega Díaz S, (2001) Relación entre variables cuantitativas, Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. 1 (1-5), recuperado 20 de septiembre, 2015, desde https://www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas2.pdf.

[16] Badii, M.H., A. Guillen, O.P. Lugo Serrato, Aguilar Garnica, J.J. (2014) Correlación No-Paramétrica y su Aplicación en la Investigaciones Científica, 2 (31-40), recuperado 20 de septiembre, 2015, desde [http://www.spentamexico.org/v9-n2/A5.9\(2\)31-40.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n2/A5.9(2)31-40.pdf).

[17] Marquez, Carlos Alberto, (2012) pruebas de bondad de ajuste, guía (2), 1 (1-19), recuperado 20 de septiembre, 2015, desde <https://carlosmarquez.files.wordpress.com/2012/02/prueba-de-bondad-de-ajuste.pdf>.

[18] Kohan, Diana Raquel, (2006) Pruebas de Bondad y ajuste, Universidad Nacional entre rios, facultad de ingeniería, 1 (1-5), recuperado 20 de septiembre, 2015, desde http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/metestad/PRUEBAS_DE_BONDA D_DE_AJUSTE-1.pdf.

- [19] Semper Cabedo, David J., Clemente Moya, Ismael, (1999) Propuesta de la metodología de simulación histórica Con predicciones autorregresivas y su aplicación en la estimación del valor en riesgo, Universidad Jaume I, Castellón, pp (1-9), recuperado 15 de enero, 2016, desde <file:///C:/Users/jaladino/Downloads/Dialnet-PropuestaDeLaMetodologiaDeSimulacionHistoricaConPr-565111.pdf>.
- [20] Mori, A., Ohsawa, M., Shimizu, T, (1996) Calculation of value at risk and risk return simulation, Institute for monetary and economic studies (Bank of Japan), 8 (96).
- [21] Alonso, Julio Cesar., Serna, Manuel, (2009) Patrones del IGBC y Valor en Riesgo: Evaluación del desempeño de diferentes metodologías para datos intra-día, Facultad de ciencias administrativas y económicas, Universidad ICESI, 1 (1-26), recuperado 20 de septiembre, 2015, desde <https://www.icesi.edu.co/departamentos/economia/images/20.pdf>.
- [22] Bessia, Federico Alcalde, (2005), Teoría de los eventos extremos, una aplicación para la evaluación del riesgo; Faculta de ciencias económicas; Universidad de Buenos Aires, 1 (1-18), recuperado 30 de septiembre, 2015, desde <https://core.ac.uk/download/files/153/9313202.pdf>.
- [23] Becerra, Oscar., Melo, Luis F., (2008) Medidas de riesgo financiero usando cópulas, Valoración en riesgo desde un enfoque de cópulas. 3 (6), recuperado 30 de septiembre, 2015, desde <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra489.pdf>.
- [24] Fernandez, Viviana, (2006) Valor en Riesgo (VaR) Calculado por simulación histórica, 1(1).
- [25] Villalón, Julio Garcia, Barbeito Martinez, Josefina, (2005) Enfoques diferentes para medir el Valor en Riesgo (var) y su comparación. Aplicaciones, Universidad de Valladolid, Universidad de la Coruña, 1 (4-10), recuperado 10 de febrero, 2016, desde http://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica_01.pdf.
- [26] Johnson, Christian A., (2001) Estudios de economía, volumen 28-Nº2, Value at Risk: teoría y aplicaciones, (237), recuperado 10 de febrero, 2016, desde <http://www.econ.uchile.cl/uploads/publicacion/d21e154f-3899-428d-9a68-255c3a876963.pdf>.
- [27] Villalón, Julio Garcia, Barbeito Martinez, Josefina, (2005) Enfoques diferentes para medir el Valor en Riesgo (var) y su comparación. Aplicaciones, Universidad de

Valladolid, Universidad de la Coruña, 1 (8), recuperado 10 de febrero, 2016, desde http://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica_01.pdf.

[28] Senado de la república de Colombia, Historia del Congreso de la Republica de Colombia, Congreso de la Republica de Colombia, recuperado 10 de noviembre, 2015, desde <http://www.senado.gov.co/el-senado/historia>.

[29] Piedrahita, Esteban, (2010) Elementos Básicos Sobre el Estado Colombiano. Departamento Nacional de Planeación, 2 (17-18) recuperado 10 de noviembre, 2015, desde http://www.comfenalcoantioquia.com/Portals/descargables/Formacion_de_alcaldes/Recorrido_por_Colombia/recorrido_por_colombia_elementos_basicos_sobre_el_estado_colombiano.pdf.

[30] Superintendencia Financiera de Colombia, (2011) Actualidad del Sistema Financiero Colombiano, Dirección de investigación y desarrollo, recuperado 10 de noviembre, 2015, desde <https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/ComunicadosyPublicaciones/comsectorfinanciero062011.pdf>.

[31] Garay, Jorge Luis, (1997) Estructura Industrial e internacionalización, Banco de la Republica de Colombia, recuperado 15 de noviembre, 2015, desde <http://admin.banrepultural.org/node/29497>.

[32] Grupo Macroeconomía 2006, (2006) La economía colombiana: situación actual frente a los noventa y sus perspectivas, 1 (6-41), recuperado 20 de noviembre, 2015 desde, <http://www.banrep.org/docum/ftp/borra429.pdf>.

[33] Dueñas, Ricardo, (2008), Introducción al sistema financiero y Colombiano, 2 (17-24), recuperado 30 de noviembre, 2015, desde <http://crear.poligran.edu.co/publ/00008/SFB.pdf>.

[34] Fradique-Méndez, Carlos, (2010) Guía del mercado de valores, Brigard & Urrutia Abogados, Bolsa de Valores de Colombia (BVC), 1 (21), recuperado 30 de noviembre, 2015, desde https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Empresas/Documentos+yPresentaciones?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-43b8314e_131f8d4ef34_-1888c0a84c5b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.t

[ibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b](https://www.tibco.com.co/ps/pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b).

[35] Fradique-Méndez, Carlos, (2010) Guia del mercado de valores, Brigard & Urrutia Abogados, Bolsa de Valores de Colombia (BVC), 1 (22-23), recuperado 30 de noviembre, 2015, desde https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Empresas/Documentos+y+Presentaciones?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-43b8314e_131f8d4ef34_-1888c0a84c5b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b.

[36] Fradique-Méndez, Carlos, (2010) Guia del mercado de valores, Brigard & Urrutia Abogados, Bolsa de Valores de Colombia (BVC), 1 (26-34), recuperado 30 de noviembre, 2015, desde https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Empresas/Documentos+y+Presentaciones?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-43b8314e_131f8d4ef34_-1888c0a84c5b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b.

[37] ICONTEC, (2004) Gestión del riesgo, Norma técnica Colombia (NTC) 5254, 1(16).

[38] Autoregulador del mercado de valores de Colombia, (2013) Conozca los riesgos del mercado de valores de Colombia, 1 (2).

[39] Superintendencia de banca, seguros y AFP, (2006) Gestión de riesgo del mercado, 1 (1-84), recuperado 5 de diciembre, 2015, desde http://www.sbs.gob.pe/repositorioaps/0/0/jer/REGUL_PROYIMP_BASIL_FUNSBS/Riesgos_de_mercado-JMogrovejo.pdf.

[40] Martínez Ortiz, Carlos., Medina., Sebastián., Colmenares, Gerardo, (2004) Clasificación Del Riesgo Financiero Basado en Modelos De Calificación Difusos, 1 (1-16), recuperado 5 de diciembre, 2015, desde

http://www.webdelprofesor.ula.ve/economia/gcolmen/programa/economia/work_paper_sistemas_carlos_martinez_1.pdf.

[41] Bustos Avila, Juan Carlos, (2005) Medición y control de riesgos financieros en empresas del sector real, 3 (7-12) recuperado 5 de diciembre, 2015, desde <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis01.pdf>.

[42] Caixa Bank, (2015) La diversificación, el aula del conocimiento, 1 (1), recuperado 5 de diciembre, 2015, desde https://www.caixabank.com/deployedfiles/caixabank/Estaticos/PDFs/AprendaConCaixaBank/aula_783.pdf.

[43] Robles Velazco, German, (2008) Medición de la relación riesgo-rendimiento y desempeño de los fondos de inversión en México mediante modelos Garch in Mean y Egarch in Mean, 2 (1-15), recuperado 5 de diciembre, 2015, desde http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/velasco_r_g/capitulo2.pdf.

[44] Stock Site, (2012) Modelos de valorización de activación financieros, recuperado 5 de diciembre, 2015, desde http://www.stockssite.com/mc/03_Modelos_de_valorizacion_activos_financieros.htm.

[45] Mascareñas, Juan, (2010) Introducción al riesgo de la empresa, Universidad Computense de Madrid, 1 (9), recuperado 5 de diciembre, 2015, desde <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/jmas/mon/20.pdf>.

[46] Sogorb Mira, Francisco, (2015) Teoría de valoración por arbitraje (APT), recuperado 5 de diciembre, 2015, desde <http://www.expansion.com/diccionario-economico/teoria-de-valoracion-por-arbitraje-apt.html>.

[47] Belen, Nieto, (2001), Los modelos multifactoriales de valoración de activos: un análisis empírico comparativo, Universidad de Alicante. Depto. de Economía Financiera, Contabilidad y Marketing. 1 (3-5), recuperado 10 de enero, 2016, desde <http://www.ivie.es/downloads/docs/wpasec/wpasec-2001-19.pdf>.

[48] Herrera Baquero, Mauricio, (2006) Estandares de supervisión Bancaria, Crisis financieras y respuestas regulatoria y de supervisión: un proceso ascendente, 1 (1), recuperado 10 de enero, 2016, desde <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006b/mbh/1b.htm>.

[49] Castañeda Gomez, Ricardo Omar, (2006) Basilea I y II, recuperado 10 de enero, 2016, desde <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ve/2006/orgc-01.htm>.

[50] Wikipedia, (2015) Crisis Economica de 2008-2015, recuperado 10 de enero, 2016, desde https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_econ%C3%B3mica_de_2008-2015.

[51] Comité de supervisión Bancaria de Basilea, (2013) Revisión fundamental de la cartera de negociación: marco revisado para el riesgo de mercado, 1 (3-5) recuperado 10 de enero, 2016, desde http://www.bis.org/publ/bcbs265_es.pdf.

[52] Wikipedia, (2015) Basilea III, recuperado 10 de enero, 2016, desde https://es.wikipedia.org/wiki/Basilea_III.

[53] Fradique-Méndez, Carlos, (2010) Guia del mercado de valores, Brigard & Urrutia Abogados, Bolsa de Valores de Colombia (BVC), 2 (39), recuperado 30 de noviembre, 2015, desde https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Empresas/Documentos+y+Presentaciones?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-43b8314e_131f8d4ef34_-1888c0a84c5b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b

[54] Fradique-Méndez, Carlos, (2010) Guia del mercado de valores, Brigard & Urrutia Abogados, Bolsa de Valores de Colombia (BVC), 2 (40), recuperado 30 de noviembre, 2015, desde https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Empresas/Empresas/Documentos+y+Presentaciones?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=-43b8314e_131f8d4ef34_-1888c0a84c5b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b

[55] Superintendencia Financiera de Colombia, (1995) Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995), Capitulo XX Parámetros mínimos de administración de riesgos que deberán cumplir las entidades vigiladas para la realización de sus operaciones de tesorería, 1 (1-8).

[56] Superintendencia Financiera de Colombia, (1995) Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995), Capítulo XXI reglas relativas a la administración de los riesgos de mercado, 1 (1-20).

[57] Bolsa de valores de Colombia, (2016) Índices Bursátiles, recuperado 15 de enero, 2016, desde <http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/descripciongeneral/indicesbursatiles?action=dummy>.

[58] Verónica Balzarotti, Ángel Del Canto y Miguel Delfiner, (2001) Backtesting: Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA, recuperado el 10 de marzo, 2016 desde <http://www.bcra.gov.ar>.

Otras fuentes de información

D. Villalba V. “Un Modelo de selección de Cartera con Escenarios y Función de Riesgo” Revista Española de Financiación y Contabilidad, vol. XXVII N° 96, pp 613-637, septiembre 1998. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=44275> Noviembre, 2015

J. C. Hull, Options, Futures and Other Derivatives. NJ: Sixth Edition, Prentice-Hall, 1997.

J. C. Hull, Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. Prentice-Hall, Segunda Edición, 1996.

L. J. Garay S. Colombia: Estructura Industrial e Internacionalización 1967 – 1996. Banco de la Republica de Colombia. Disponible en: <http://admin.banrepcultural.org/node/29497> Noviembre 2015

Grupo Macroeconomía 2006. La Economía Colombiana: Situación Actual Frente a los Noventa y sus Perspectivas. Banco de la Republica de Colombia: Disponible en: <http://www.banrep.org/docum/ftp/borra429.pdf> Noviembre, 2015

G. C. Omar R. Basilea I y II, Observatorio de la Economía Latinoamericana. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ve/2006/orgc-01.htm> Noviembre, 2015

O. Raimundo. Como se genero la Catástrofe, y Quienes se Enteraron y Quienes no. Wikipedia. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_econ%C3%B3mica_de_2008-2015 Noviembre, 2015

D. Ricardo, Introducción al Sistema Financiero y Bancario, Politécnico Gran Colombiano, Disponible en: <http://crear.poligran.edu.co/publ/00008/SFB.pdf> Noviembre, 2015