

PROYECTO EN CURSO	
Universidad	Universidad Tecnológica de Pereira
Programa Académico	Ingeniería Industrial
Nombre del Semillero	Semillero de Ingeniería Industrial
Nombre del Grupo de Investigación	GEIO
Línea de Investigación	Finanzas
Nombre del Tutor del Semillero	María Elena Bernal Loaiza
Email Tutor	mbernal@utp.edu.co
Título del Proyecto	Estimación del Desempeño de Metodologías Alternativas para el cálculo del Riesgo de Mercado en un Portafolio del Mercado Bursátil de Colombia.
Autores del Proyecto	Juliana Castaño Cortes Mateo Alejandro Castaño Vasco Adriana María Santa Alvarado
Ponente (1)	Juliana Castaño Cortes
Documento de Identidad	1093225833
Email	juliana.castano@utp.edu.co
Ponente (2)	Mateo Alejandro Castaño Vasco
Documento de Identidad	1055479435
Email	macv9620@utp.edu.co
Teléfonos de Contacto	3137133247- 3206699701
Nivel de formación de los estudiantes ponentes (Semestre)	Octavo semestre de Ingeniería Industrial
MODALIDAD (seleccionar una- Marque con una x)	PONENCIA <input checked="" type="checkbox"/> Investigación en Curso <input type="checkbox"/> Investigación Terminada
Área de la investigación (seleccionar una- Marque con una x)	<input type="checkbox"/> Ciencias Naturales <input checked="" type="checkbox"/> Ingenierías y Tecnologías <input type="checkbox"/> Ciencias Médicas y de la Salud. <input type="checkbox"/> Ciencias Agrícolas <input type="checkbox"/> Ciencias Sociales <input type="checkbox"/> Humanidades <input type="checkbox"/> Artes, arquitectura y diseño

Estimación del Desempeño de Metodologías Alternativas para el cálculo del Riesgo de Mercado en un Portafolio del Mercado Bursátil de Colombia.

Autores

Juliana Castaño Cortes¹

Mateo Alejandro Castaño Vasco²

Adriana María Santa Alvarado³

Resumen

Existen en la literatura diversos enfoques para la estimación del riesgo de mercado, en la revisión del estado del arte realizada hasta el momento se han identificado metodologías tradicionales como Simulación Histórica, Simulación Montecarlo y metodología Delta-Normal, así como otros enfoques alternativos o no tradicionales tales como la Teoría de Valores Extremos, el Valor en Riesgo Condicional CVaR, Simulación Histórica Filtrada y Cópulas estadísticas. El presente trabajo aplicará y evaluará el desempeño de algunos enfoques no tradicionales a la hora de estimar el riesgo de mercado para a un perfil de inversión conservador diversificado en el mercado de valores colombiano.

Palabras claves

Perfil conservador diversificado, Riesgo de Mercado, Pruebas de Desempeño, Mercado Bursátil.

Introducción

La palabra riesgo tiene sus orígenes en el término *risicare* del latín, que significa arriesgar. La real academia de la lengua española define la palabra riesgo como una contingencia o proximidad de un daño. La cuantificación del riesgo se encuentra relacionada con la posibilidad de tener pérdidas a futuro, el cálculo de esas posibilidades bajo condiciones de poca claridad, es el fundamento de la administración de riesgo [1].

En el siglo XVI algunos matemáticos fueron los primeros en hablar formalmente de la probabilidad basados en el análisis de pruebas aleatorias simples, entre los más destacados se encuentran: Gerolamo Cardano (1501-1576) y Galileo Galilei (1564-1642). Cardano en su libro “*De Ludo Aleae*” (libro de juegos de azar), publicó los primeros trabajos conocidos sobre probabilidad y da solución a algunas cuestiones del análisis combinatorial, también introdujo el término probable con el que hace referencia a un hecho que es incierto, más adelante, Galileo un matemático, astrónomo y físico en su obra *Sopra le Scoperte dei Dadi*

¹ Ingeniería Industrial – VIII semestre – Estudiante – juliana.castano@utp.edu.co

² Ingeniería Industrial – VIII semestre – Estudiante – macv9620@utp.edu.co

³ Ingeniería Industrial – Docente – adriana.santa@utp.edu.co

(Jugando a los dados) al igual que Cardano estudio la frecuencia de las combinaciones que resultan de lanzar dados y trató de predecir los resultados al tirarlos [2].

Muchos de los modelos de probabilidad planteados por estos grandes intelectuales han sido adoptados en la administración de riesgos como herramienta fundamental en la toma de decisiones, Harry Markowitz en 1952 planteó la teoría moderna de selección de portafolios y dice que la diversificación adecuada de la cartera reduce el riesgo de la misma, entendiendo diversificación como la inversión en más de un activo y teniendo la desviación estándar como medida de volatilidad del portafolio, esta teoría se volvió fundamental en la selección de portafolios óptimos.

La crisis financiera vivida en 1974 como consecuencia del colapso sufrido por el Bankhaus Herstatt en Alemania y el Franklin National Bank en Estados Unidos fue determinante para detectar la ausencia de supervisión bancaria a nivel internacional (Schenk, 2011). Este fue un hecho que llamó la atención de los países para considerar la importancia de la gestión del riesgo financiero, los integrantes del G10 en 1975 decidieron crear un comité que dictara recomendaciones y guías de supervisión bancaria para ser adoptadas tanto por sus miembros como por países que no lo fueran, pero estuviesen interesados, esto lo harían mediante la creación de acuerdos, este comité fue llamado Comité de Basilea.

Comité de Basilea es una organización internacional de superintendencias bancarias creada para estudiar temas financieros y brindar recomendaciones que permitan a las organizaciones minimizar el riesgo al que se encuentran expuestas [3]. El comité enuncia una guía de reglamentación sobre asuntos del control financiero y abarca principalmente tres temas referentes a la supervisión: primero, crea espacios propicios de discusión donde se plantean problemas y posibles soluciones a asuntos relacionados con la supervisión; segundo, delega responsabilidades a las autoridades supervisoras con el fin de garantizar una buena supervisión a nivel mundial; y tercero, establece estándares de supervisión que están enfocados a la solvencia de las organizaciones financieras.

En 1994 el banco JP Morgan dio a conocer un texto denominado riskmetrics en el que se propone el VaR (Valor en Riesgo) como medida del riesgo de mercado y se fundamenta en la teoría de la probabilidad, desde ese momento el VaR empezó su auge. Para el 2004 el Comité de Basilea publicó su segundo conocido como *Nuevo acuerdo de capital*, donde se propone el Valor en Riesgo (VaR) como medida estimativa del Riesgo de Mercado. Este acuerdo fue publicado como una guía a seguir para la medición de riesgos en los bancos y en él se establece una reserva mínima de capital que garantice el cubrimiento de los riesgos a los que la entidad se encuentre expuesta. El acuerdo es un texto que contiene principios y recomendaciones que el Comité de Basilea hace sobre los sistemas de supervisión bancaria y busca crear estándares de supervisión en materia de riesgos que las entidades financieras afrontan, este acuerdo en su Pilar III *Disciplina de mercado*, hace referencia principalmente a la información transparente y confiable que los entidades deben publicar o divulgar en cuanto a los riesgos a los que se encuentran expuestas, los modelos empleados para la evaluación de los riesgos y el capital o los fondos destinados para su cubrimiento. El

presente trabajo se enmarca en este pilar ya que se centra en el estudio de algunos modelos utilizados para estimar el riesgo de mercado.

La SFC es el ente encargado de la supervisión del sistema financiero y vela por su estabilidad, seguridad y confianza, también adapta los acuerdos de Basilea a un contexto nacional en aspectos relacionados con el riesgo financiero. La SFC aborda la reglamentación relacionada con el Riesgo Financiero a través de la Circular Externa 100 de 1995, y específicamente trata el riesgo de mercado en el capítulo XXI denominado Reglas relativas al Sistema de Administración de Riesgo Mercado, en este se plantean los criterios mínimos que las organizaciones vigiladas deben tener en cuenta a la hora de diseñar e implementar un sistema de administración de riesgos de mercado, también habla de las etapas y elementos que el sistema debe atender.

El Valor en Riesgo VaR es estudiado ampliamente en la actualidad bajo diversos enfoques, cabe aclarar que esta medida intrínsecamente está asociada con el cálculo o estimación de la volatilidad del instrumento financiero, otra corriente que en la actualidad es fuente de estudio y que despierta gran interés, pues es una medida fundamental cuando se habla de riesgo.

Actualmente el mercado se hace más competitivo e impredecible y las organizaciones actuales con frecuencia se enfrentan a situaciones de incertidumbre, por lo que se ven en la necesidad de administrar el riesgo, establecer sistemas para su medición y control, buscando obtener un mayor número de herramientas que sean útiles a la hora de tomar decisiones. La Facultad de ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira tiene 10 grupos de investigación reconocidos por Colciencias y 5 laboratorios entre los cuales se encuentra el Laboratorio Financiero y Punto de Bolsa que pertenece al semillero de la facultad de ingeniería industrial, desde la línea de gestión del riesgo (una de las cinco líneas de trabajo del laboratorio financiero) en los últimos dos años se han adelantado estudios previos relacionados con la cuantificación del riesgo de mercado, que amplían la literatura ya existente sobre el tema y brinda herramientas para un manejo adecuado y oportuno de los recursos, solventar las posibles pérdidas de su cartera y en general ayudar a enfrentar aquellas situaciones de incertidumbre a las que se exponen en el desarrollo de sus actividades en el contexto colombiano.

Planteamiento del problema

En la administración del riesgo de mercado existen variedad de metodologías que pueden ser empleadas para su estimación, una de las medidas más utilizadas es el VaR, dentro del cual existen técnicas tradicionales para su medición como por ejemplo las técnicas Delta-Normal, Simulación Histórica y Simulación Montecarlo, la cuantificación del riesgo de mercado es un tema estudiado por muchos académicos, como resultado de sus estudios han surgido otros enfoques alternativos a los tradicionales con el ánimo de ser más precisos en la cuantificación de este tipo de riesgo, algunos de los enfoques alternativos son: Valor en Riesgo Condicional (CVaR), Simulación Histórica Filtrada (FHS), aplicación de la Teoría

de Valores Extremos (EVT) y el uso de Cópulas estadísticas para la cuantificación del riesgo de mercado.

En Colombia la literatura que habla de metodologías tradicionales y no tradicionales para la estimación del riesgo de mercado es escasa, la existente es en su mayoría aplicada a acciones y se sabe que un inversionista profesional por lo general buscará invertir en un portafolio diversificado y de acuerdo a un perfil de inversión previamente definido, es decir constituido por diferentes instrumentos financieros. El presente proyecto se enfoca en la exploración y aplicación de técnicas o enfoques alternativos para estimar el riesgo de mercado que se adapten al perfil conservador diversificado para determinar mediante pruebas Backtesting cual metodología presenta un mejor desempeño en el mercado de valores colombiano.

Justificación

En trabajos investigativos previos que se han realizado en el semillero de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, se han identificado desventajas en las metodologías tradicionales usadas para el cálculo del Valor en riesgo (VaR) entre las que se pueden mencionar: Las metodologías tradicionales paramétricas asumen que los rendimientos del portafolio siguen un modelo de distribución conocida; las metodologías no paramétricas evalúan el comportamiento de los rendimientos basadas en datos históricos y construyen una distribución con posibles rendimientos futuros del portafolio, esto implica que la distribución solo tendrá en cuenta los sucesos que están incluidos en la serie de tiempo y no contempla escenarios ajenos al comportamiento histórico y dependen del tiempo analizado; no incorporan aleatoriedad; no responde adecuadamente ante cambios fuertes en el precio. Adicionalmente, en los trabajos del semillero se ha identificado que las técnicas están aplicadas para acciones, la información referente a elementos de renta fija es poca y un inversionista profesional tendrá un portafolio diversificado. Realmente, el mercado colombiano que es el de nuestro interés, posee poca liquidez o bajo volumen de negociación en comparación con economías de países desarrollados y de acuerdo a sus características no se puede aplicar cualquier técnica para la estimación del riesgo y la información referente a estas es escasa. Es por lo anterior, que la investigación está fundamentada en ampliar el estudio relacionado a la estimación del riesgo en el mercado colombiano apropiando las técnicas a sus necesidades y sumando información a un perfil conservador diversificado en el mercado bursátil de Colombia.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el desempeño de metodologías alternativas para el cálculo del riesgo de mercado, explorando técnicas que satisfagan las implicaciones de un perfil conservador diversificado en el mercado Bursátil de Colombia.

Objetivos Específicos

- Establecer el marco normativo nacional e internacional para el riesgo de mercado.
- Seleccionar un portafolio de inversión en el mercado colombiano que cumpla las características de un perfil de riesgo conservador con principios de diversificación.
- Profundizar en la revisión del estado del arte de técnicas alternativas para estimar el riesgo de mercado.
- Implementar metodologías seleccionadas.
- Evaluar el desempeño de las técnicas implementadas.

Referente teórico

Portfolio Selection fue un artículo publicado en 1952 por Harry M. Markowitz en el Journal of Finance, en este artículo está planteado un modelo de selección de carteras que tuvo una gran acogida, por esto, él es reconocido como el padre de la teoría moderna de portafolio. Markowitz, estudio el proceso de selección eficiente para una cartera de inversión y recomienda que los inversionistas deben evaluar el riesgo y el rendimiento de su cartera en un todo y no de los títulos individuales [4]; El principio de diversificación de cartera fue propuesto por Markowitz y en él, se establece que a mayor diversificación del portafolio la variabilidad del mismo disminuye y a su vez el riesgo, por lo que él recomienda que el portafolio esté constituido por activos de diferentes sectores, puesto que si alguna de las acciones de la cartera sube estará compensando a las que bajan, es decir, la variabilidad del portafolio será menor a la variabilidad individual de los valores que lo componen.

El modelo de selección de cartera de Markowitz involucra la racionalidad del inversor a la hora de conformar la cartera, es por eso que después de que el modelo determina la frontera eficiente, la cartera óptima es escogida de acuerdo al perfil de riesgo del inversionista y estará conformada por el conjunto de instrumentos que se adapten a su perfil. El perfil de inversión hace referencia a los aspectos que determina el grado de riesgo que se está dispuesto a asumir con el dinero o las inversiones planeadas. Básicamente, el perfil de riesgo define el grado de aversión al riesgo, se identifican tres tipos de perfil de riesgo: agresivo, moderado y conservador [5].

Formalmente De Lara[1], define el riesgo de mercado como la posibilidad de que el valor presente neto de un portafolio se mueva adversamente ante cambios en las variables macroeconómicas que determinan el precio de los instrumentos que componen una cartera de valores. El riesgo de mercado incluye: riesgo de tasa de interés, riesgo de precio de acciones, riesgo de tipo de cambio y riesgo de commodities.

Existen un gran número de metodologías que pueden ser empleadas para estimar o calcular el riesgo de mercado. Los resultados de algunos estudios se plantean a continuación:

Abad, Benito & Lopez [6], hacen un completo estudio de metodologías tradicionales y no tradicionales para estimar el VaR documentadas en veinticuatro artículos, en el que se

estudian métodos como el delta normal, simulación histórica filtrada, RiskMetrics, Teoría de Valores Extremos, método CaViaR y simulación Monte Carlo. Exponen que la Simulación Histórica parte de la idea de que el pasado se vuelve a repetir y que la mayor debilidad potencial de este enfoque es que sus resultados son completamente dependientes del conjunto de datos lo que hace que en ocasiones se sub-estime o se sobre-estime el VaR. En la revisión de los resultados comparativos, los autores evidencian que los enfoques basados en la Teoría de Valores Extremos (EVT) y la Simulación Histórica Filtrada (FHS) en general muestran un mejor desempeño que las demás metodologías con que fueron comparadas.

Kabundi y Muteba [7], plantean una comparación de las estimaciones del VaR por el método tradicional Delta-Normal y la teoría de valores extremos EVT, buscando demostrar como con la EVT se obtienen resultados más fiables y precisos frente a la técnica tradicional. Exponen que Delta-Normal es un método rápido y sencillo de usar pero tiene dos desventajas: la primera es que solo sirve para carteras que son lineales con respecto a los factores de riesgo y la segunda es que las ganancias y las pérdidas siguen una distribución normal; caso contrario de la teoría de valores extremos que es empleada como medida complementaria del riesgo, que describe el comportamiento de las pérdidas durante las crisis financieras y las pérdidas se adaptan a una distribución que modela eventos extremos. Por su parte, Fabozzi, Stoyanov y Rachev [8], plantean la necesidad de usar modelos multivariados bien sea, asumiendo directamente una distribución multivariada o especificando por separado las hipótesis unidimensionales y la estructura de dependencia a través de una función llamada cópula. Exponen la necesidad de implementar modelos de colas gruesas y asimétricas, para ello hacen referencia al modelo basado en la Teoría de Valores Extremos (EVT) un enfoque aplicado para modelar la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos y se puede usar para describir el comportamiento de una gran cartera de pérdidas independientes, EVT proporciona un marco para modelar solo las colas de la distribución de rendimientos, también cuestionan el uso del VaR como medida de riesgo diciendo que no solo no es informativo sobre pérdidas extremas, sino que tampoco satisface una propiedad importante directamente relacionada con la diversificación llamada subaditividad, lo que podría conducir a subestimar el riesgo real. Franco A y Franco C. [9], también cuestionan la idoneidad del VaR como medida de riesgo ya que desde el punto de vista matemático es una medida incoherente, lo cual demerita la confianza del método para estimar el riesgo de mercado, por ello propone utilizar en conjunto, el VaR con el CVaR, una medida complementaria que satisface la propiedad de subaditividad.

Metodología

El método de investigación será cuantitativo y mediante la obtención, tratamiento, y análisis de la información, se busca calcular el riesgo de mercado mediante algunas metodologías de las encontradas en la revisión del estado del arte bien sea en términos monetarios o porcentuales. El riesgo de mercado depende de las siguientes variables: riesgo

de tasa de interés, los precios de los títulos en renta variable, tasas de títulos en renta fija y tiempo.

La población es el mercado de capitales, este, está conformado por tres tipos de instrumentos: de renta fija, de renta variable y derivados. En el presente proyecto no se utilizarán instrumentos derivados para la constitución del portafolio, puesto que son instrumentos apalancados, su valor de cotización se basa en un activo subyacente y usualmente tiene una baja o nula participación en portafolios con perfil conservador, finalmente la población estará compuesta por todos los instrumentos de renta fija y renta variable. En cuanto a la muestra, el portafolio será constituido bajo un perfil conservador diversificado, por lo que tendrá una mayor concentración en instrumentos de renta fija y una menor participación en renta variable y un fondo de liquidez.

La recolección de información se hará por medio de la web de la bolsa de valores de Colombia la cual es una fuente secundaria, de allí se extraerán todos los instrumentos tanto de renta fija como de renta variable que conformarán el portafolio de inversión diversificado con un perfil de riesgo conservador.

El desarrollo de la investigación se divide en tres partes, y a su vez cada parte se subdivide en etapas:

Parte 1: Estudio de la información que enmarca el tema de investigación.

Etapa I: Estudio del marco normativo nacional e internacional referente riesgo de mercado.

Etapa II: Revisión de la literatura para la búsqueda de información teórico- práctica de técnicas alternativas para la estimación del riesgo de mercado.

Parte 2: Puesta en práctica de la teoría estudiada.

Etapa I: Selección de los instrumentos que conformaran el portafolio con base en el perfil de riesgo seleccionado.

Etapa II: Aplicación de pruebas estadísticas al conjunto de datos obtenido, para determinar el modelo probabilístico que siguen los datos y así seleccionar las técnicas a emplear.

Etapa III: Adaptación y aplicación de las técnicas alternativas seleccionadas a la estimación del riesgo de mercado del portafolio.

Etapa IV: Aplicación de pruebas de desempeño para evaluar la eficiencia de las técnicas aplicadas.

Parte 3: Análisis de resultados obtenidos.

Etapa I: Formulación de conclusiones basadas en los resultados obtenidos.

Resultados esperados

- Selección del portafolio con un perfil conservador diversificado en el mercado bursátil de Colombia.
- Identificación de las metodologías alternativas para el cálculo del riesgo de mercado.

- Estimación del riesgo de mercado, implementando las metodologías seleccionadas.
- Conocer la técnica que mejor desempeño presenta de las técnicas implementadas en el portafolio seleccionado.
- Elaboración de un artículo de carácter académico con los resultados obtenidos.

Resultados parciales

- Criterios de selección del portafolio de acuerdo a un perfil conservador diversificado.
- Revisión de la normatividad nacional e internacional para el riesgo de mercado.
- Las técnicas alternativas identificadas hasta el momento han sido: Valor en Riesgo Condicional (CVaR), Simulación Histórica Filtrada (FHS), aplicación de la Teoría de Valores Extremos (EVT) y Cópulas.

Conclusiones parciales

- La normatividad internacional para el control de los sistemas de administración de riesgo de mercado implementados en la actualidad se encuentra estipulada en el acuerdo de Basilea II, específicamente en el pilar III denominado “disciplina de mercado”. A nivel nacional la SFC es el ente encargado de la supervisión del sistema financiero y vela por su estabilidad, seguridad y confianza, también adapta los acuerdos de Basilea a un contexto nacional en aspectos relacionados con el riesgo financiero. En noviembre de 2010 la SFC pública el capítulo XXI titulado, reglas relativas al sistema de administración de riesgos de mercado (SARM), en donde define las apreciaciones que una organización debe implementar para identificar, medir, controlar y monitorear efectivamente el riesgo de mercado.
- Para la constitución del portafolio se tendrá una participación de 80% en instrumentos de renta fija a corto, mediano y largo plazo, un 10% en títulos de renta variable, en diferentes sectores de la economía, y un 10% en un fondo de liquidez; con este tipo de constitución se cumple la característica de un portafolio conservador diversificado. Para la selección de instrumentos de renta fija, se consultará el ÍNDICE COLTES; es de aclarar que se escogieron los TES porque son los títulos de renta fija más líquidos y sólidos desde el punto de vista del riesgo crediticio, para seleccionar los títulos de renta variable se consultará el ÍNDICE COLCAP y finalmente el fondo utilizado en el portafolio será una cartera colectiva abierta.

Impactos

- **Impacto económico:** tener una dimensión del riesgo de mercado que se asume a la hora de realizar una inversión, permite definir la cantidad de fondos que tanto una organización como persona natural deberían adoptar para absorber las posibles pérdidas de la cartera, generar crecimiento, utilizar eficientemente los recursos, ser

más competitivas y a su vez contar con información que brinde una mejor precisión y disminuya la complejidad para los encargados de tomar decisiones de índole administrativo económico y financiero.

- **Impacto social:** administrar el riesgo de una manera adecuada hace posible que las organizaciones conserven la sostenibilidad y no lleguen a instancias extremas como puede ser un cierre definitivo. Para la economía colombiana la generación de empleo es muy importante, y si alguna empresa llega a la quiebra se origina un decrecimiento económico y las fuentes generadoras de empleo u oportunidades laborales para la comunidad se limitan. Por lo cual, con este trabajo, se complementará la información que le permitirá a las empresas administrar mejor sus riesgos a través de técnicas cuantitativas que brinden beneficios no solo a los empresarios, sino también a un número importante de miembros de una comunidad.
- **Impacto ambiental:** el proyecto de manera directa no tiene un impacto ambiental, sin embargo, el producto de la investigación al ser intangible no representa un impacto medioambiental negativo; es decir, con el presente proyecto no se ve afectado este entorno.

Bibliografía

- [1] H. A. De Lara, “Medición y control de riesgos financieros.” p. 219, 2008.
- [2] G. Mateos-Aparicio, “Historia de la Probabilidad (desde sus orígenes hasta Laplace) y su relación con la Historia de la Teoría de la Decisión,” *Hist. la Probab. y la Estadística*, p. 308, 2002.
- [3] L. H. Ustáriz González, “El Comité De Basilea Y La Supervisión Bancaria,” no. ii, pp. 431–462, 2003.
- [4] A. Díaz Mata, “La historia temprana de la teoría de portafolio 1600 1960 Markowitz.pdf,” *Contaduría y Administración*, vol. 1995. pp. 13–28, 1999.
- [5] E. Bash, “ABC del Inversionista,” *PhD Propos.*, vol. 1, p. 24, 2012.
- [6] P. Abad, S. Benito, and C. López, “A comprehensive review of Value at Risk methodologies,” *Spanish Rev. Financ. Econ.*, vol. 12, no. 1, pp. 15–32, 2014.
- [7] A. Kabundi and J. Muteba, “Extreme Value at Risk: A Scenario for Risk Management,” *South African J. Econ.*, vol. 79, no. June, pp. 173–183, 2011.
- [8] F. J. Fabozzi, S. V. Stoyanov, and S. T. Rachev, “Computational aspects of portfolio risk estimation in volatile markets: A survey,” *Stud. Nonlinear Dyn. Econom.*, vol. 17, no. 1, pp. 103–120, 2013.
- [9] L. C. Franco A and L. E. Franco C., “El valor en riesgo condicional CVaR como medida coherente,” *Rev. Ing. Univ. Medellin*, vol. 4, no. 6, pp. 43–54, 2005.