

**FACTORES MACROECONÓMICOS EN EL VALOR EN RIESGO DEL
MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO: UNA EVALUACION EMPIRICA DE
DOCE AÑOS DE OBSERVACIONES, 2001–2013.**

ANNA PAVLOVA VANEGAS GIRÓN

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ECONOMÍA
SANTIAGO DE CALI
2014**

**FACTORES MACROECONÓMICOS EN EL VALOR EN RIESGO DEL
MERCADO ACCIONARIO COLOMBIANO: UNA EVALUACION EMPIRICA DE
DOCE AÑOS DE OBSERVACIONES, 2001–2013.**

ANNA PAVLOVA VANEGAS GIRÓN

Trabajo de grado para optar el título de Economista

Profesora

Inés María Ulloa Villegas

Economista- Magister en Economía

Docente académica

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS

PROGRAMA DE ECONOMÍA

SANTIAGO DE CALI

2014

AGRADECIMIENTOS

Estudiar economía es un camino de transformación y crecimiento intelectual, el cual estoy muy contenta de haber recorrido. Agradezco a Dios, dador de la vida por su bendición a lo largo de este camino. A mi familia y amigos, grandes apoyos en buenos y malos momentos.

A la profesora Inés María Ulloa por brindar su confianza, apoyo y conocimiento para dirigir el presente trabajo de grado. Al profesor Jorge Mario Uribe por permitir acompañarlo en las distintas investigaciones académicas y por los conocimientos adquiridos en dichas investigaciones.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
I. LITERATURA RELACIONADA	10
II. MARCO TEÓRICO	13
A. EL RIESGO	13
1. Tipos de Riesgo.....	14
B. RIESGO DE MERCADO	15
C. PRECIOS DE LOS ACTIVOS.....	16
III. METODOLOGÍA.....	18
A. VALOR EN RIESGO (VAR).....	18
1. <i>Método paramétrico</i>	19
B. MODELO DE FACTORES.....	22
1. <i>Modelo de un factor</i>	23
2. <i>Modelo con múltiples factores</i>	24
3. <i>Modelo de factores macroeconómicos</i>	24
IV. DESCRIPCIÓN DE FUENTES Y DATOS.....	26
V. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	31
CONCLUSIONES.....	40
REFERENCIAS	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Fuentes de Datos	27
Cuadro 2: Variables	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estimación del modelo de factores, a través de Newey-West.	33
Tabla 2. Post-estimación, Test de Wald.	35
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de la modelación de la varianza de los retornos estacionarios de la TRM y el WTI.	36
Tabla 4. Estimación del modelo de factores usando variables dummy, a través de Newey-West.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento variables diarias en niveles	29
Gráfico 2.Comportamiento variables mensuales	29
Gráfico 3. Valor en Riesgo del IGBC diario a 95% y 99% de confianza respectivamente.....	30
Gráfico 4. Comportamiento de las variables diarias en sus primeras diferencias respecto a los retornos	30

RESUMEN

Este trabajo exploró la incidencia de los factores macroeconómicos fundamentales en la valoración del riesgo del mercado Colombiano durante el periodo de julio de 2001 a junio de 2013. Por medio de un modelo de factores, se evalúa el impacto de factores tales como: la tasa de interés, el tipo de cambio y la inflación en el valor en riesgo del mercado accionario. Para el cálculo del riesgo se propone como metodología de medición el *Valor en Riesgo* (VaR por sus siglas en inglés *Value at Risk*) siguiendo las recomendaciones del comité de Basilea acogidas en el marco legal de supervisión financiera en Colombia. Se encuentra que el comportamiento de la tasa de cambio y el precio del petróleo inciden en el riesgo del mercado Colombiano. El aporte del presente documento es la explicación del Valor en Riesgo a partir de factores económicos fundamentales.

Palabras clave: Valor en Riesgo, Factores de Riesgo, Regulación, Factores Macroeconómicos, ARMA-GRACH.

INTRODUCCIÓN

A partir de las recomendaciones del comité de supervisión bancaria de Basilea², se definieron los estándares para la administración del riesgo del sistema financiero a fin de asegurar la solvencia de las instituciones financieras ante una pérdida de gran magnitud del valor de su portafolio frente al mercado. Para hallar aquella razón de solvencia se realiza la estimación del riesgo al cual se encuentra expuesto el portafolio de inversión.

Es así como el Valor en Riesgo (VaR por sus siglas en inglés *Value at Risk*) surge como medida estándar para el cálculo de aquella razón de solvencia, con el fin de hallar el capital de reserva requerido para enfrentar aquellas situaciones de riesgo latentes en el mercado. Esta medida ha sido implementada por las diferentes entidades regulatorias bancarias, entre estas la regulación colombiana donde se constituye como la principal medida para el cálculo del riesgo de mercado.

En este contexto, el Banco Internacional de Pagos (BIS por su siglas en inglés, *Bank for International Settlements*) define *riesgo de mercado* como “el riesgo de pérdidas dentro y fuera de balance, dado los resultados de los movimientos en los precios del mercado”.³ Los principales factores que afectan el valor de los activos, es decir, aquellos que contribuyen al riesgo del mercado son la tasa de interés, la tasa de cambio y el precio de los bienes primarios (Gallati, 2003).

Aunque la literatura sobre el tema hace una aproximación teórica a los factores que inducen el riesgo de mercado, hasta el momento no se conoce un documento que revele la relación empírica de dichos factores con el riesgo previamente señalado. Es por tal, que este documento buscó el impacto de variables macroeconómicas en el Riesgo del mercado accionario colombiano, bajo las siguientes hipótesis: 1. La tasa de intervención incide significativamente en la

² Organización Mundial de Supervisión Bancaria.

³ GALLATI, Risk Management and capital adequacy. McGraw-Hill (2003). p. 34.

valoración del riesgo de mercado en Colombia; 2. El tipo de cambio incide significativamente en la valoración del riesgo de mercado en Colombia; 3. La inflación incide significativamente en la valoración del riesgo de mercado en Colombia; 4. El precio de un bien primario, como el precio del petróleo, incide significativamente en la valoración del riesgo de mercado en Colombia.

Las hipótesis antes mencionadas se formularon en base a trabajos previos que muestran relación entre el valor de los activos y los factores económicos fundamentales, destacándose trabajos como el de Huang y Hueng(2007), que a través de un modelo de factores de Fama y French(1993), comprueban la hipótesis de sensibilidad de precios de los activos respecto a la tasa de interés, por medio de la incorporación de una variable con significancia denominada “riesgo de interés”. Es así, como evidencian que la tasa de interés y su riesgo asociado afectan el valor del mercado de una firma y la razón de su valor en libros; de esta forma surge la hipótesis uno, donde se toma la tasa de intervención evaluando su impacto en el VaR del mercado Colombiano.

Otro trabajo destacado es el de Robotti(2001), que establece por medio de un modelo CAPM el efecto sobre los rendimientos de los activos, contemplando el riesgo de tipo de cambio en presencia de desviaciones de paridad de poder adquisitivo. Dicho trabajo también considera el riesgo de inflación, dadas las exigencias de compensación de los inversionistas ante posibles pérdidas de valor de los activos, respecto al mercado en que se negocia, hallando resultados poco satisfactorios; es así como surgen las hipótesis dos y tres, donde se evalúa el tipo de cambio y la inflación en el VaR del mercado Colombiano.

Para la hipótesis cuatro se tuvo en cuenta el hecho de que en la composición accionaria de la canasta del IGBC⁴ existe una gran influencia del sector petrolero, reconociendo en distintos periodos consecutivos la acción de Ecopetrol como el

⁴ Para mayor información consultar <http://www.bvc.com.co/>

título de mayor importancia del indicador; hecho que hace posible sospechar que el precio del petróleo pueda incidir significativamente en el riesgo de mercado. Es por esto que la hipótesis cuatro plantea que el precio del petróleo incide en el VaR del mercado Colombiano.

Para la medición del riesgo de mercado se emplea el Valor en Riesgo a través del método paramétrico, ya que éste presenta el mejor desempeño de todas las metodologías de cálculo del VaR (Melo & Granados, 2010). Por medio de un modelo de factores, se evalúa el impacto de los factores macroeconómicos ya nombrados en el valor en riesgo del mercado accionario. Es así como se establece la relación de dichas variables macroeconómicas con la medición del VaR.

Este trabajo presenta un énfasis empírico, contribuyendo a la medición del impacto de variables macroeconómicas sobre el riesgo de mercado de un país. Ya que generalmente se llega a la expresión del riesgo y no a su posible explicación. Lo que implica igualmente que se pueda estimar el impacto de las políticas económicas y regulatorias en el riesgo de mercado, constituyéndose como un documento útil para aquellas personas que administren un portafolio de cualquier entidad financiera.

El documento consta de siete secciones, siendo la primera de estas la presente introducción. La segunda sección presenta la literatura relacionada tanto a nivel nacional como internacional. La tercera presenta el marco teórico que describe el tópico sujeto de análisis. La cuarta describe la metodología implementada para el cálculo del VaR, así como para el modelo de factores macroeconómicos. La quinta sección reúne la descripción de fuentes y datos. La sexta sección expone los resultados obtenidos y finalmente la séptima sección presenta la conclusión.

I. LITERATURA RELACIONADA

La literatura económica propone la relación entre factores macroeconómicos y riesgo de mercado desde una perspectiva teórica, (Gallati,2003; McNeil et al.,2005; Bailey,2005), sin embargo hasta el momento no se encuentran referencias bibliográficas que establezcan dicha relación de manera empírica, causando que la literatura sea ilusoria en este tópico específico.

Ante la necesidad de construir un marco referencial para la generación de conocimiento, se puede tomar literatura existente sobre factores macroeconómicos que afectan el valor de los activos, y a partir de allí formular hipótesis sobre su efecto en el riesgo de mercado; ya que todo efecto en el valor del activo contribuye al riesgo. Sin embargo se debe reconocer como una limitación inevitable en la construcción de este trabajo el uso de literatura escasa y poco articulada entre sí.

En la literatura internacional existen pocos trabajos que exploren la modelación del comportamiento de precios de los activos a través de variables macroeconómicas, destacándose en la década de los 80`s el trabajo de Chen, Roll y Ross(1986), pionero en este campo al intentar determinar los factores que influyen sobre los retornos del mercado y sobre la fijación de precios de los activos. Este trabajo se desarrolla tomando un conjunto de variables macroeconómicas observables, tales como la inflación, la producción industrial, la prima de riesgo, el consumo, entre otras; aplicando un método de regresión lineal simple, en el que se determina la significancia de dichas variables para explicar los retornos esperados en los precios de los activos.

Siguiendo la línea de investigación planteada por Chen et al., (1986), se encuentra un trabajo posterior a cargo de Chan, Karceski y Lakonishok(1998), en el cual incluyen factores macroeconómicos diferentes a los ya estudiados, pretendiendo capturar la influencia de sus movimientos en la tasa de retorno de activos. Entre

estos factores se encuentran: la tasa de crecimiento de producción industrial, la medida de la prima por defecto de los retornos de los bonos del gobierno, la tasa de interés real y el cambio mensual de la tasa esperada de inflación. Los autores estiman un modelo de valoración de activos financieros por arbitraje (APT por sus siglas en inglés, *Arbitrage Pricing Theory*) llamado *Mimicking Portfolios*. Sus resultados revelan que los factores macroeconómicos que fueron usados como variables regresoras no permiten explicar el comportamiento de la covariación de los retornos en los precios de los activos. Es importante resaltar que en este trabajo se busca identificar aquellos factores que determinen una variación común de los retornos de las acciones (covariación de los retornos) y de allí la divergencia de resultados con el trabajo previamente mencionado.

Desde otra línea de investigación, entre trabajos más recientes se destaca el escrito de Eychenne, Martinetti y Roncalli (2011), en el que se expone una metodología para optimizar el portafolio en el largo plazo desde unos “pilares fundamentales”, que para ellos consiste en el crecimiento potencial del PIB y la inflación; de esta forma los autores modelan el rendimiento de los activos a largo plazo junto a la evaluación del riesgo del mercado. Dada la clasificación de los activos (bonos, acciones e inversiones alternativas), los autores incluyen variables como la tasa de interés y el precio de los bienes primarios, entre otros, para evaluar el comportamiento de sus respectivos precios ante la presencia de dichas variables. Finalmente Eychenne et al.,(2011), después del uso de distintas herramientas estadísticas que calibran las relaciones de largo plazo de cada una de las variables tomadas, estiman un modelo de regresión macro econométrica para analizar el comportamiento de los precios de los activos en la optimización del portafolio en el largo plazo, con base en estos pilares fundamentales y en las variables que se agregan según la clasificación de activos.

A partir de la clasificación de los activos que propone Eychenne et al.(2011) en su escrito, Roncalli y Weisan (2012) realizan comparaciones del riesgo de paridad basados en factores de riesgo de acuerdo con una “asignación estratégica de

activos”. Consideran siete tipos de factores económicos que inciden en el riesgo económico y los agrupan en cuatro categorías. Es así como exponen la relación entre el factor de riesgo y sus contribuciones a los activos a través de un modelo lineal de factores. Si bien su objetivo principal subyace en la descomposición del riesgo del portafolio dadas las contribuciones de los factores de riesgo. Roncalli y Weisan(2012) estiman modelos como el modelo de factores de Fama y French, y factores de componentes principales (PCA *Principal Component Analysis*) para el objetivo final de su investigación.

Finalmente en la literatura académica colombiana, el documento de trabajo que mayor relación presenta con el presente documento, es el de Melo y Granados (2010), en el que analizan el desempeño del Valor en Riesgo (VaR) para la tasa representativa del mercado (TRM), el índice general de la bolsa de valores (IGBC) y los TES. En las diferentes metodologías que los autores presentan para la medición del riesgo exponen el método estándar para Colombia, en el cual se considera la exposición total del riesgo como la suma del riesgo de la tasa de interés, el riesgo de la tasa de cambio, riesgo del precio de las acciones y riesgo de inversiones y carteras colectivas.

En general, los diferentes documentos presentan la incidencia de los factores económicos elementales en el comportamiento de los precios de los activos, aproximándose a través de distintos enfoques, exceptuando el documento nacional que describe el desempeño del VaR dadas diferentes metodologías. Como se puede percibir, no se encuentra literatura directamente relacionada con el objetivo de investigación del presente estudio.

II. MARCO TEÓRICO

A. EL RIESGO

De acuerdo con Gallati (2003) el riesgo en el ámbito económico se puede expresar como la “posibilidad de desviación de lo esperado” algunas definiciones se refieren al riesgo como el conjunto de variables externas que pueden afectar el resultado, sin embargo ante los hechos observados en el desarrollo de las crisis económicas se considera que el riesgo puede venir de situaciones tanto externas como internas, esto a causa de las dinámicas propias al interior de las organizaciones o incluso en relación al ámbito psicológico de actores claves en el mercado financiero.

El riesgo está ligado a la posibilidad de desviación de un resultado esperado, por tanto puede ser expresado como una probabilidad de ocurrencia mayor a cero y menor a 1, no siendo jamás imposible, ni definitivo. De igual forma el riesgo está íntimamente enlazado a la expectativa de los agentes de mercado y a su método de cálculo; de cualquier manera la expectativa es clave ya que el tipo y la calidad de información con base en la cual está construida dicha expectativa tendrá efecto sobre el riesgo.

En cuanto a la aproximación clásica al riesgo que sostiene que este se refiere a los efectos nocivos sobre lo esperado, Gallati (2003) la juzga como limitante, debido a que corta con toda posibilidad de riesgo entendido como un evento positivo, no obstante al tratarse de una desviación de un punto objetivo ésta desviación no tiene dimensión y puede presentarse tanto en un aspecto positivo como negativo; dicha aproximación al riesgo tiene sustento al observar que un hecho nocivo para un agente en muchos casos puede causar externalidades positivas para otro agente, haciendo que incluso el riesgo entendido como una

desviación hacia resultados positivos lleve a desequilibrio y resultados eventualmente impredecibles.

1. Tipos de Riesgo

La literatura académica propone una descomposición del riesgo para hacer más sencillo su cálculo (para una mayor ampliación del tema ver Gallati, 2003 ; McNeil et al., 2005; Christoffersen ,2012) y así implementar herramientas especializadas para el control y gestión del riesgo según su tipo o clasificación. Los principales tipos de riesgo son el riesgo de crédito, el riesgo operacional, el riesgo de mercado y el riesgo sistémico. La definición de cada tipo de riesgo se brindará a continuación.

El *riesgo de crédito* puede ser entendido como el riesgo al cual está expuesto el acreedor, en el caso que el deudor no pague su obligación dentro del periodo estipulado, ya sea si éste no pague la obligación total o parcialmente.

El *riesgo operacional* puede ser entendido como el riesgo al que se está expuesto frente a las fallas del sistema operativo, sea fallas técnicas o de maquinaria, fallas humanas operativas, mal manejo administrativo o fraude.

El *riesgo de mercado*, se refiere al riesgo que posee un portafolio frente a los movimientos de los precios del mercado, causados por los distintos factores que afecten a éste.

El *riesgo sistémico*, es entendido como el riesgo al cual está expuesto el sistema. En el riesgo sistémico se encuentra incluido todos los tipos de riesgo.

A continuación se detallará la definición de riesgo de mercado ya que éste es el tema principal relacionado con el objetivo de investigación del presente estudio.

B. RIESGO DE MERCADO

El Banco Internacional del Pagos (BIS por su siglas en inglés, Bank for International Settlements) define *riesgo de mercado* como “el riesgo de pérdidas dentro y fuera de balance, dado los resultados de los movimientos en los precios del mercado”.⁵ Los principales factores que impactan de manera significativa el mercado y que a su vez contribuyen al riesgo, por lo general son los precios de los activos, las tasas de interés, la tasa de cambio y los precios de los bienes primarios. (Gallati,2003; McNeil,2005; Christoffersen,2012).

La medición del riesgo de mercado surge ante la necesidad de asegurar la solvencia de las entidades financieras, ante una situación en que se afecte el valor de su portafolio frente al mercado; propuesto de esta forma por el comité de supervisión bancaria de Basilea.

La principal medida para su cálculo es el Valor en Riesgo (VaR por sus siglas en ingles Value at Risk). Esta medida tiene sus orígenes después de la publicación del artículo de Harry Markowitz en 1952 titulado *Portfolio Selection* en el *Journal of Finance* (Gallati,2003). Es tras de éste documento que la teoría del portafolio comienza su desarrollo, derivando la *frontera de eficiencia del portafolio* en el que se busca obtener el retorno esperado más alto dado un determinado nivel de riesgo; es así como la modelación del riesgo toma importancia para el cálculo del portafolio más eficiente. En décadas posteriores, JP Morgan y Reuters, publican en 1996 un documento técnico de *RiskMetrics* en el que desarrollan el cálculo del VaR como medida de riesgo. Finalmente esta medida es adoptada por el comité de regulación bancaria de Basilea e implementada en el sistema, considerándose como medida estándar para el cálculo del riesgo del mercado.

La definición del VaR se detallará en la sección cuatro correspondiente al desarrollo de la metodología.

⁵ GALLATI, Risk Management and capital adequacy. McGraw-Hill (2003). p. 34.

C. PRECIOS DE LOS ACTIVOS

El riesgo de mercado surge ante los movimientos de los precios de los activos. Dicho de otra manera, equivalente a los rendimientos que éstos presenten, por esto se realiza mención de manera breve sobre la teoría de los precios de los activos.

Cochrane (2001), resume que la teoría de precio de los activos se desenvuelve en un solo concepto: *“el precio es igual al descuento del pago esperado”*; lo demás es la elaboración de casos especiales.

Por tanto el precio de los activos se resume en dos ecuaciones:

$$p_t = E(m_{t+1}x_{t+1}) \quad (1)$$

$$m_{t+1} = f(\text{datos}, \text{parámetros}) \quad (2)$$

Donde p_t es el precio del activo, x_{t+1} es el pago del activo, m_{t+1} es un factor de descuento estocástico.

El precio de un activo varía de forma irregular, causando el desconocimiento de su comportamiento futuro. Esto fundamenta el riesgo asociado a la tenencia de un activo. El valor que tome el precio de un activo es una variable aleatoria, que tendrá una distribución de probabilidad, una media y una varianza.

Si se considera un portafolio, el valor de éste será dado por los valores que tome cada uno de los activos que componen el portafolio y su participación en el mismo. De tal forma que viene dado:

$$VP_{t+1} = E\left[\sum_{i=1}^N w_i P_{i,t+1}\right] \quad (3)$$

Donde w_i representa la participación del activo i en el portafolio, y N corresponde al número total de activos que corresponde el portafolio, $P_{i,t+1}$ es el precio del activo i en el periodo $t+1$, que es un valor incierto.

Dado a que el riesgo del mercado se encuentra enlazado con las variaciones de los precios, es importante resaltar las variaciones porcentuales de los precios de los activos, que representa el rendimiento de éstos.

El rendimiento de un activo corresponde al cambio porcentual de él (Cochrane, 2001):

Rendimiento simple:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \cdot 100 = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (4)$$

Rendimiento continuamente compuesto:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \quad (5)$$

Por tanto el rendimiento del portafolio viene dado por

Rendimiento simple del portafolio:

$$R_{portafolio,t} = \sum_{i=1}^N w_i R_{i,t} \quad (6)$$

Rendimiento continuamente compuesto del portafolio⁶:

$$R_{portafolio,t} = \ln\left(\frac{VP_t}{VP_{t-1}}\right) = \ln(VP_t) - \ln(VP_{t-1}) \quad (7)$$

Donde $R_{i,t}$ corresponde al rendimiento del activo i .

⁶Una de las desventajas del usar el rendimiento continuamente compuesto, es que el rendimiento del portafolio no corresponde al promedio ponderado de cada uno de los activos, a diferencia del retorno simple.

La demostración es la siguiente:

$$R_{portafolio,t} = \ln\left(\frac{VP_t}{VP_{t-1}}\right) = \ln(VP_t) - \ln(VP_{t-1}) = \ln\left(\frac{\sum_{i=1}^N w_i P_{i,t}}{\sum_{i=1}^N w_i P_{i,t-1}}\right)$$

III. METODOLOGÍA

Retomando el objetivo principal del presente estudio, en el que se busca analizar el impacto de variables macroeconómicas en el Riesgo del mercado accionario colombiano, es necesario precisar que esta sección consta de dos partes; donde la primera detalla el método empleado para la variable a explicar, (ya que esta es una variable creada) es decir el cálculo del VaR, y la segunda detalla el modelo usado para cumplir con el objetivo del documento, es decir entablar la relación de los factores macroeconómicos en el riesgo de mercado.

A. VALOR EN RIESGO (VAR).

El valor en riesgo es una de las medidas de riesgo con mayor aplicabilidad en los mercados financieros del mundo. El VaR por su sigla en inglés (*Value at Risk*), estima la máxima pérdida potencial que puede tener la posición del portafolio, dado un determinado horizonte de tiempo y un nivel de significancia⁷. Es decir, el VaR representa el peor de los mundos posibles para un activo o portafolio, sujeto a un periodo de tiempo y a un nivel de confianza. El VaR es una medida de riesgo que contiene diferentes dimensiones ya que se puede definir para distintos horizontes dado un nivel de confianza. Se expresa por lo general como un “porcentaje de valor de mercado en términos absolutos de divisas” (Gallati, 2003, pág. 365)

Por tanto la “posición del portafolio” que representa el valor a precios de mercado, será el origen para analizar el VaR. El VaR no sólo dependerá del horizonte de tiempo y el nivel de confianza, sino que además dependerá de la distribución que tomen los valores del portafolio⁸.

⁷El horizonte de tiempo y el nivel de confianza dependen del uso que se le vaya a dar al VaR.

⁸ Se resalta que el término de portafolio es un concepto amplio que contiene desde un activo, hasta un conjunto completo de activos y sus derivados, tanto de posiciones largos como cortas.

1. Método paramétrico

Existen diversas metodologías para estimar el VaR de forma paramétrica. La forma más simple implica suponer una distribución de pérdidas y ganancias que permite modelar el comportamiento del valor del portafolio, suponiendo en la mayoría de los casos, que ésta sigue una distribución normal.

$$VaR_{(1-\alpha)} = \mu + \sigma \phi^{-1}(1 - \alpha) \quad (8)$$

Donde ϕ^{-1} es la función inversa de la función de distribución normal estándar, con media μ y desviación estándar σ .⁹

1.1. Estimación

Tal como la ecuación (8) muestra, en el caso más simple, el VaR depende de dos parámetros μ y σ^2 . Hasta ahora se considera un supuesto implícito que considera la volatilidad constante de los retornos del activo a lo largo del tiempo. La regularidad empírica de las series financieras muestra que la volatilidad condicional no es constante a través del tiempo, tal como lo señala Engle (1982). Por tal causa, para obtener un buen cálculo del VaR es necesario tener en cuenta la medida de volatilidad con la cual se está calculando. Para ello se recurre a los modelos ARCH y GARCH.

⁹ En el caso de una variable aleatoria con una distribución normal, la distribución puede ser descrita por sus dos primeros momentos. No obstante para otro tipo de distribución, los momentos de orden mayor, respecto al coeficiente de asimetría y de curtosis pueden ser importantes para el cálculo del VaR.

1.1.2. Modelos ARCH y GARCH

Una característica propia de las series financieras es poseer conglomerados de volatilidad y volatilidad persistente. Éste comportamiento se puede representar modelando la serie e_t de la siguiente manera:

$$e_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (9)$$

Donde σ_t se entiende como un factor de volatilidad, y ε_t está conformado por variables aleatorias presentando un proceso de ruido blanco. Tanto σ_t y ε_t son procesos estacionarios independientes que garantizan que la serie e_t tenga media no condicional y media condicional igual a cero. A su vez la serie presentará varianza no condicional constante y varianza condicionada no constante, que variara en cada periodo¹⁰.

Es así como los modelos ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Models) desarrollados por Engle (1982), supone que la varianza no condicional es constante en el tiempo y la varianza condicional dependerá de las observaciones pasadas de la serie, lo que causa que la varianza no sea constante. Es por tal que el modelo ARCH (p) posee una estructura análoga a un proceso AR (p). Sí se toma $p=1$, se entenderá que el proceso dependerá del ultimo valor observado.

$$\sigma_t^2 = E(e_t^2 | e_{t-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 \quad (9)$$

Donde $\alpha_0 > 0$ corresponde a la mínima varianza condicional y $0 \leq \alpha_1 \leq 1$, con ésta condición se garantiza la existencia de la varianza condicional e incondicional. De manera que un modelo ARCH de orden p se representará de la siguiente manera:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 e_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p e_{t-p}^2 \quad (10)$$

$$r_t = \alpha_0 + \varepsilon_t$$

¹⁰ QUESADA , Manuel. Análisis de Series. Modelos Heterocedásticos.

Los modelos GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic), es un modelo generalizado del ARCH propuesto por Bollerslev (1986). La diferencia con el modelo ARCH es que en este caso la varianza dependerá adicionalmente de sus propios valores pasados. Su estructura de rezagos más flexibles permiten una descripción parsimoniosa de los datos (Melo & Becerra, 2006). El modelo GARCH se encuentra descrito por la ecuación (10); definiéndose de la siguiente forma:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i e_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-1}^2 \quad (11)$$

Donde $\alpha_0 > 0$, corresponde a la mínima varianza condicional observada y $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$, $i = 1, \dots, p$, $j = 1, \dots, q$, garantizando que la varianza condicional no sea negativa.

Ambos modelos replican el comportamiento de las series financieras: conglomerados de volatilidad y distribución de colas pesadas.

2. Método no paramétrico- Simulación histórica

En este caso no se realiza ningún supuesto sobre la distribución de los rendimientos de los activos, permitiendo que los datos revelen el tipo de distribución que siguen. De tal forma que provee una distribución empírica de los valores que puede tomar el portafolio en un horizonte $t+1$.

Este método se basa en la hipótesis de que el mercado es estable en el largo plazo.

El método, operativamente, es del siguiente modo:

- a) Se construye las variaciones relativas de precio.
- b) La posición actual del riesgo que se desea medir, al valor del mercado

La aplicación de b en a permite simular el comportamiento de la posición actual para la serie de rentabilidad histórica.

c) Se ordenan los datos de mayor a menor, y se multiplica por menos uno.

Por último el VaR viene dado por

$$VaR_{(1-\alpha)} = q_{(1-\alpha)}(L) \quad (12)$$

Donde dado a un nivel de confianza $(1 - \alpha)$ y $q_{(1-\alpha)}(L)$ es el $(1 - \alpha)$ percentil de la función de pérdidas, definida como L . (Uribe y Ulloa, 2012).

3. *Limitantes.*

Después de la crisis financiera de 2007-2009, la literatura acerca de los fallos de regulación y sus medidas, aumentaron de manera significativa; señalando las limitaciones de las medidas implementadas como es el caso del VaR, en la cual resalta su mayor fallo ante la explicación de las colas pesadas, es decir las pérdidas extremas en caso de situación de crisis, haciéndola como una medida no apropiada para el cálculo del riesgo en situaciones extremas por su pobre desempeño en estos escenarios.

Por tal, dado a su poca capacidad de explicación en los casos extremos, es posible crear estructuras no apropiadas para incentivos ya que se desconoce la magnitud de las pérdidas que exceden la cola de la distribución (Uribe y Ulloa, 2012)

B. **MODELO DE FACTORES**

Bailey (2005) define que los factores pueden ser un conjunto de instrumentos que pueden derivarse de la modelación del comportamiento de los inversionistas, del comportamiento de las empresas, algunas teorías operativas, y en sí, de aspectos

relevantes de la economía. Por lo tanto Roy define un modelo de factores como una representación simple de cómo funciona el mundo.

Es así como se han propuesto en la literatura diversos modelos de factores que permiten realizar, desde diferentes perspectivas, un análisis a los retornos de los activos. Existen tres tipos de modelos viables para el estudio de los retornos de los activos: el primero es el modelo de factores macroeconómicos, donde se usan variables macroeconómicas tales como las tasa de crecimiento del PIB, la tasas de inflación, la tasa de interés, entre otras. El segundo, es el modelo de factores fundamentales, que es un modelo más operativo; toma en cuenta el tamaño de la empresa, la actividad de los inversores, los corredores, los analistas financieros, el mercado de valores, y la clasificación industrial. El tercero, es el modelo de factores estadísticos, donde se encuentra estrechamente asociado a la teoría del arbitraje. (Tsay, 2005)

1. *Modelo de un factor*

Un modelo de factores postula que los precios de los activos son funciones de un cierto número de variables, que pueden llamarse factores (Bailey, 2005). Los precios de los activos o las tasas de retorno pueden ser expresados como una función lineal de dichos factores. Esta relación puede expresarse de la siguiente forma

$$r_j = b_{j0} + b_{j1}F_1 + \varepsilon_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Donde r_j es la tasa de retorno del activo o del portafolio j , F_1 representa el valor del factor 1, b_{j0} y b_{j1} son parámetros y ε_j es un error aleatorio. ε_j recoge todas aquellas fuerzas que no son captadas por el factor y que afecten de alguna manera las tasas de retorno del activo. Este error se espera que sea igual a cero, pero en realidad estos errores no cumplen con este postulado.

No obstante, en un principio el valor que toma el factor puede ser usado para explicar el retorno del activo, aunque no sea de manera perfecta dada a la presencia del error aleatorio.

2. *Modelo con múltiples factores*

Este modelo considera múltiples factores que permitan explicar los precios o retornos de los activos. Su interpretación es igual a la que se presenta en un modelo de un solo factor. Un modelo de múltiples factores viene dado por

$$r_j = b_{j0} + b_{j1}F_1 + b_{j2}F_2 + \cdots + b_{jk}F_k + \varepsilon_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Donde k^{11} representa el número de factores que se pretende usar.

3. *Modelo de factores macroeconómicos*

Este modelo propone que aquellos “eventos macroeconómicos inciden sobre los flujos de efectivos futuros y por ende en el valor presente de los activos” (Alexander , 1998). Variables macroeconómicas como la tasa de inflación, la producción industrial, las tasas de interés, son variables que impactan el mercado, y consecuente al valor presente de los activos. Por tanto con el modelo macroeconómico es posible caracterizar el riesgo de cualquier combinación de los activos. (Alexander , 1998).

¹¹ K debe ser más pequeño que n, donde n representa el número de activos. Las propiedades que deben tomar los errores aleatorios ante un modelo de múltiples factores deben ser $E[\varepsilon_j|F_k] = 0$ para cada activo j.

4. *Limitantes*

Como se observa, el modelo de factores plantea relaciones lineales entre variables y no logra captar la relación de las variables de otra manera, limitando así la capacidad de explicación del modelo.

IV. DESCRIPCIÓN DE FUENTES Y DATOS

Los datos que se tomaron para este estudio incluyen variables con información diaria, tales como el Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC), la Tasa Representativa del Mercado (TRM), la Tasa de Intervención (OMA), el precio del petróleo (WTI), además de contener información mensual de la inflación, tomando los retornos del IPC. La periodicidad del cálculo dependerá de las variables que se tomen para realizar el análisis. El periodo a analizar parte de Julio 3 de 2001, fecha donde inicia operaciones la Bolsa de Valores de Colombia, hasta Junio 28 de 2013.

Las fuentes que se emplearon para el presente estudio, son de origen primario proveniente de fuentes estatales como lo es el Banco de la República de Colombia y la Superintendencia Financiera de Colombia, así como Data Stream (base de datos privada).

A continuación se presentan dos cuadros explicativos de fuentes de datos y de variables respectivamente; de igual manera se presentan gráficos del comportamiento de las variables a través del tiempo, los cuales han sido incluidos con carácter informativo ya que su descripción detallada no corresponde al objeto del presente trabajo¹².

¹² Existen múltiples trabajos descriptivos acerca del comportamiento de dichas variables, a los cuales el lector puede recurrir en caso de requerir ampliación de la información.

Cuadro 1. Fuentes de Datos

Banco de la República de Colombia	“Es el banco central de Colombia, su objetivo de política monetaria es el logro de tasas de inflación coherentes con el mandato constitucional de garantizar la estabilidad de precios, en coordinación con una política macroeconómica general que propenda por el crecimiento del producto y el empleo” ¹³
Superintendencia Financiera de Colombia	“Es una entidad es un organismo técnico adscrito al Ministerio de Hacienda y Crédito Público, con personería jurídica, autonomía administrativa y financiera y patrimonio propio. Su principal objetivo es preservar la confianza pública y la estabilidad del sistema financiero; mantener la integridad, la eficiencia y la transparencia del mercado de valores y demás activos financieros; y velar por el respeto a los derechos de los consumidores financieros y la debida prestación del servicio”. ¹⁴
Bolsa General de Valores de Colombia	Principal centro bursátil / financiero de Colombia.
Data Strem	Es una base de datos que contiene información financiera y macroeconómica, de distintos países tomando como fuentes las fuentes oficiales de cada país. La base es construida por Thomson Reuters.

Fuente: Elaboración Propia

¹³ Página principal del Banco de la República de Colombia.

¹⁴ Tomado de la página principal de la Superintendencia Financiera de Colombia

Cuadro 2: Variables

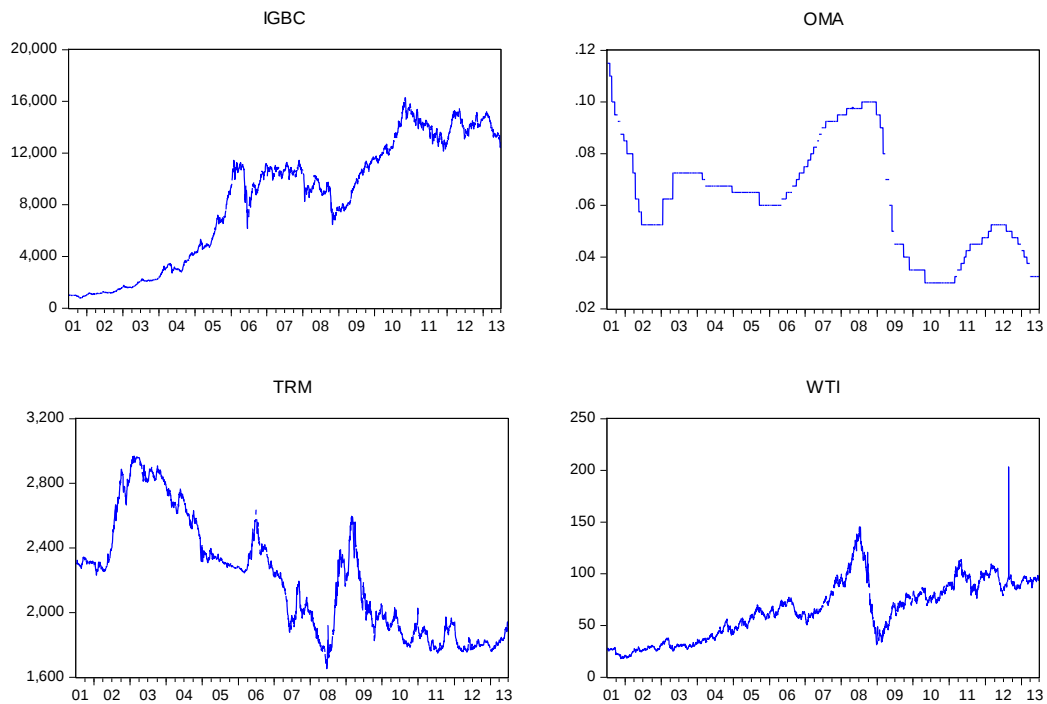
Nombre	Atributo	Periodicidad	Indicador
Índice General de la Bolsa de Colombia (IGBC)	Es el índice Bursátil de mayor representatividad de Colombia, creado por la Bolsa de Valores de Colombia. Donde se valora el conjunto de acciones de mayor representatividad en el mercado Colombiano.	Diaria	Resulta de ponderar aquellas acciones de mayor liquidez y de mayor capitalización que se transan en la Bolsa.
Tasa Representativa del Mercado (TRM)	Es la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos.	Diaria	Resulta del cálculo con base en las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano, con cumplimiento el mismo día cuando se realiza la negociación de las divisas ¹⁵ .
Tasa de Intervención (OMA).	Principal mecanismo de política monetaria usado por el Banco Central para intervenir el mercado Colombiano.	Diaria	"Es la tasa mínima de las subastas de expansión monetaria a un día. Las decisiones de modificación de esta tasa de intervención tienen usualmente vigencia a partir del día hábil siguiente a la sesión de la Junta Directiva" ¹⁶ .
Tasa de inflación	Variación generalizado de los precios al consumidor	Mensual	Resulta del cambio porcentual de los precios al consumidor.
Precio del Petróleo (WTI)	Precio de los bienes Primarios de la economía.	Diaria	Es el precio de referencia para Colombia en la Bolsa de Nueva York respecto al barril del petróleo, el precio se encuentra en dólares.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁵ Tomado del Banco de la República

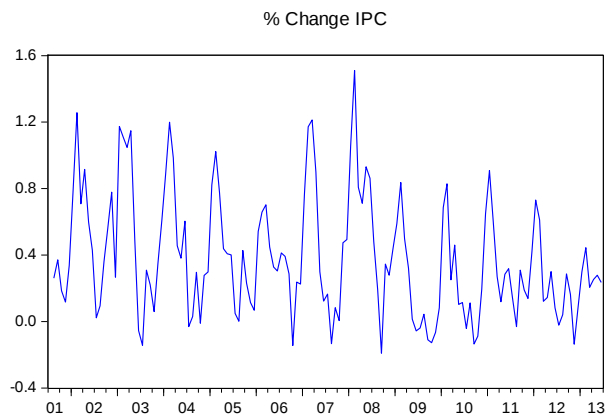
¹⁶ Tomado del Banco de la República.

Gráfico 1. Comportamiento variables diarias en niveles



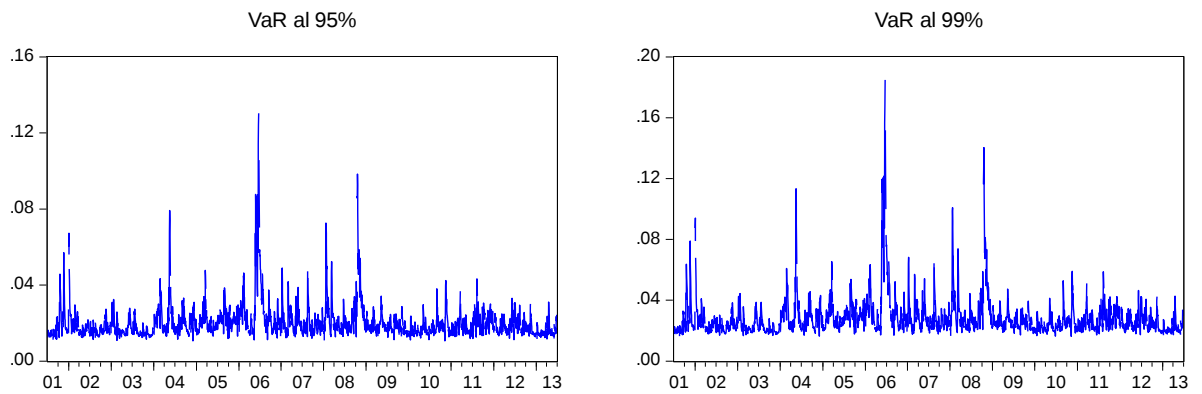
Fuente: Elaboración propia, datos Banco de la República y DataStream

Gráfico 2. Comportamiento variables mensuales



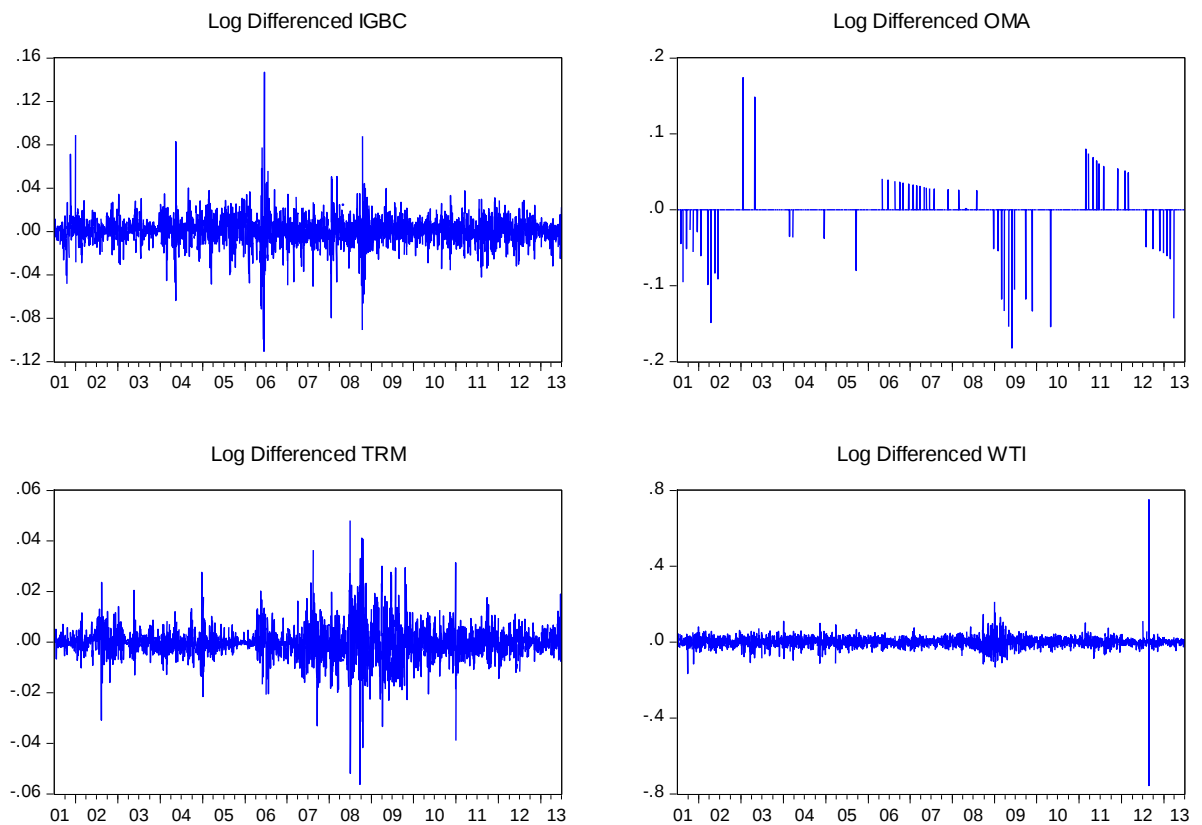
Fuente: Elaboración propia, datos Banco de la República y DataStream

Gráfico 3 Valor en Riesgo del IGBC diario a 95% y 99% de confianza respectivamente



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Comportamiento de las variables diarias en sus primeras diferencias respecto a los retornos



Fuente: Elaboración propia, datos Banco de la República y DataStream

V. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

El objetivo principal de este trabajo es la confirmación de las hipótesis planteadas en el texto, donde se busca demostrar que la incidencia de factores macroeconómicos, como la tasa de interés, la tasa representativa de mercado, la inflación y el precio del petróleo, impactan el valor en riesgo del mercado accionario colombiano.

Para llevar a cabo las estimaciones fue necesario transformar las variables de estudio con el objetivo de que éstas cumplan con las condiciones necesarias para la modelación de series de tiempo. Inicialmente se aplica el método de retornos logarítmicos de las series en niveles, ampliamente explicado en la tercera sección del presente documento.

La estimación del riesgo del mercado se realiza a través de la construcción del VaR para Colombia, con una periodicidad diaria y con un nivel de confianza de 95% y 99%. Su estimación se realizó tomando como índice de referencia el IGBC, índice bursátil de mayor representatividad de Colombia creado por la Bolsa de Valores de Colombia.

En cuanto a la estimación del VaR colombiano, se modela la media siguiendo la metodología planteada por Box y Jenkins, que consiste en ajustar modelos autoregresivos y de medias móviles a partir de los retornos del índice, que en este caso es el IGBC; posteriormente se escoge el modelo que minimice el criterio de información de Akaike (AIC) (Tsay, 2005), que corresponde a un modelo ARMA (1,0); por su parte la modelación de la varianza condicional se toma a partir de un modelo GARCH (1,1).

De esta forma los resultados de la estimación del VaR concuerdan con la metodología usada por Melo y Granados, según la cual, las estimaciones de mejor desempeño son aquellas modeladas con metodologías de varianza condicional como lo es ARMA-GARCH.

Ya una vez construida la variable a explicar, para las variables macroeconómicas se aplicó diferencias en los retornos logarítmicos cumpliendo con el supuesto de estacionariedad¹⁷ necesario para la modelación de series de tiempo; ya que estas al ser series temporales de alta frecuencia, poseen características propias de las series financieras como asimetría, leptocúrticidad, agrupamiento de volatilidad y volatilidad persistente.

Una vez modelado el comportamiento de las variables, tal como lo propone la metodología econométrica, se aplica el modelo de factores con dos tipos de periodicidad, una mensual y la otra diaria. En el primer caso, se examinó el comportamiento de las variables a través de distintos métodos, sin encontrar significancia estadística de éstas ante la posible explicación del Valor en Riesgo del mercado Colombiano. De esta forma, no se tiene pruebas estadísticas que nos permita confirmar una relación entre el VaR y las distintas variables, provocando en primera instancia el no aceptar las hipótesis planteadas en el documento si se maneja un tipo de periodicidad mensual y siendo un hecho definitivo para la tasa de inflación, ya que esta variable solo contiene información mensual, .

En el segundo caso, se encontró evidencia estadística que la TRM y WTI poseen incidencia en el VaR. No obstante la variable OMA, no muestra significancia estadística para explicar la variable dependiente. El resultado de esta estimación nos permite evidenciar en primer lugar que la variable VaR no reacciona a periodos largos como los mensuales, pero si presenta reacción a periodos cortos como los diarios.

Continuo a ello se observó la cantidad de rezagos de las variables explicativas (TRM y WTI) que podrían explicar el Valor en Riesgo, logrando los siguientes

¹⁷ Se realizaron pruebas estándar de raíz unitaria, como Dicky-Fuller, Phillips-Perron. De esta forma se logró establecer la estacionariedad de las series macroeconómicas usadas para el modelo.

resultados:
$$VaR_t 95\%^{18} = c_t + \beta_1 \Delta \log WTI_t + \beta_2 \Delta \log WTI_{t-1} + \dots + \beta_{11} \Delta \log WTI_{t-10} + \beta_{12} \Delta \log TRM_t + \beta_{13} \Delta \log TRM_{t-2} + \dots + \beta_{17} \Delta \log TRM_{t-6} + \varepsilon_t$$

Tabla 1. Estimación del modelo de factores, a través de Newey-West.

Coeficientes	Valor estimado	STD	Coeficientes	Valor estimado	STD
c_t^*	0.020712	0.000470	$\Delta \log WTI_{t-8}^{**}$	-0.018086	0.008525
$\Delta \log WTI_t^{***}$	-0.014486	0.007578	$\Delta \log WTI_{t-9}^{**}$	-0.018645	0.009095
$\Delta \log WTI_{t-1}^{**}$	-0.023182	0.009979	$\Delta \log WTI_{t-10}^{***}$	-0.013972	0.007920
$\Delta \log WTI_{t-2}^{**}$	-0.021 46	0.010398	$\Delta \log TRM_t^{**}$	0.070214	0.035457
$\Delta \log WTI_{t-3}^{**}$	-0.019736	0.009344	$\Delta \log TRM_{t-2}^{**}$	0.071504	0.034424
$\Delta \log WTI_{t-4}^{**}$	-0.017989	0.008611	$\Delta \log TRM_{t-3}^{**}$	0.078070	0.035217
$\Delta \log WTI_{t-5}^{***}$	-0.014803	0.007674	$\Delta \log TRM_{t-4}^{**}$	0.077462	0.035961
$\Delta \log WTI_{t-6}^{***}$	-0.013642	0.007488	$\Delta \log TRM_{t-5}^{**}$	0.098474	0.043078
$\Delta \log WTI_{t-7}^{***}$	-0.015987	0.00838	$\Delta \log TRM_{t-6}^{***}$	0.069235	0.040668
Log Likelihood			F-statistic y Prob(F-Statistic)		
9476.478			7.788788 (0.000000)		

CIS	HQ	AIC
6.452610	6.476225	6.489522

Fuente: Elaboración propia (* indica la significancia de la variable al 1%, ** al 5%, *** al 10%)

¹⁸ Se tomó como variable dependiente el VaR al 95%, dado que las estimaciones con el VaR al 99% no presentan grandes variaciones, además de considerarse un nivel de confianza del 95% como medida estándar para las estimaciones.

Los resultados de la estimación muestran que hasta diez (10) días hábiles del precio del petróleo y seis (6) días hábiles de la Tasa Representativa del Mercado, inciden en la explicación del VaR colombiano.

De acuerdo con los resultados, los coeficientes de la variable WTI revelan el signo esperado, ya que la estimación muestra una relación inversa entre dicha variable y el VaR, tal como se aprecia en la tabla 1. Esto implica que esta variable explicativa posee signo negativo y por tanto ante una baja del precio del petróleo (WTI) aumenta el Valor en Riesgo (VaR) del mercado accionario. Este hecho evidencia la sensibilidad que posee el mercado accionario colombiano, compuesto mayoritariamente por el sector petrolero, ante los movimientos que se presentan en el precio del petróleo.

De igual forma, los coeficientes que presenta la TRM revelan el signo esperado, ya que los resultados de la estimación muestran una la relación directa entre dicha variable y el VaR. Esto implica que ante una devaluación de la moneda colombiana se incrementa el Valor en Riesgo del mercado del país.

Por una parte, cabe resaltar que ante la periodicidad de las series y los hechos estilizados que éstas presentan, es lógico encontrarse con la violación de supuestos necesarios para la estimación, como lo es la no correlación serial y la homocedasticidad en los errores del modelo. En aquellos casos, en que el término de error presenta autocorrelación y/o heterocedasticidad bajo la situación en que por una estimación de MCO los coeficientes son significativos, existen métodos viables para brindar una consistencia a la estimación a través de una matriz de covarianza de los coeficientes (Tsay, 2005). Uno de aquellos métodos es el estimador HAC (por sus siglas en inglés, Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent) de Newey-West¹⁹, que permite superar la autocorrelación y la heterocedasticidad de los términos de error del modelo a través de un estimador apropiado para la matriz de covarianza de los estimadores

¹⁹ Para mayor información consulte (Newey & West, 1987) y anexo.

de MCO. De esta forma los errores estándar de los estimadores superan los problemas de autocorrelación y heterocedasticidad, permitiendo obtener una estimación robusta y consistente, ocasionando una mejora en el estadístico F (Greene, 2003).

Es por tal que la estimación presentada en la Tabla 1, se calcula por medio del estimador HAC obteniendo una estimación robusta; que bajo el análisis del estadístico F, permite señalar que las variables tomadas para explicar el Valor en Riesgo del mercado Colombiano son estadísticamente significativas de manera conjunta para cualquier nivel de confianza.

En vista de confirmar la validez de los parámetros se recurrió a aplicar el test de Wald; que consiste en un contraste de hipótesis, en el que se halla la validez de los parámetros usados para la estimación a través de un conjunto de restricciones lineales que se aplican sobre ellos. La hipótesis a contrastar fue la posibilidad que alguno de los parámetros usados en la estimación de la Tabla 1, tome el valor de 0. De ser así, las variables tomadas no influyen en explicar la variable independiente.

Los resultados del test se presentan en el siguiente recuadro:

Tabla 2. Post-estimación, Test de Wald.

Test Statistic	Valor	P-valor
F-statistic	195.2889	0.0000
Chi-square	3515.201	0.0000

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 2, se permite afirmar que el modelo presentado en la Tabla 1, es un modelo útil para exponer la relación de las variables TRM y WTI, ante la explicación del VaR colombiano.

A pesar de confirmar la relación de las variables tomadas para explicar el Valor en Riesgo, se realizó desde otro enfoque un segundo modelo para lograr reafirmar dicha incidencia.

Teniendo en cuenta que el comportamiento de las series temporales muestra alta volatilidad y volatilidad persistente, se modeló la volatilidad de las variables explicatorias para tratar de captar sí la frecuencia de los cambios en los precios, tanto de la TRM como WTI y la persistencia de dichos cambios, inciden en explicar el VaR.

Para ello se modeló la varianza de cada una de las series (TRM, WTI) a través de un modelo GARCH(1,1). En ambas fue el modelo que mejor ajuste presentó. Se propone un umbral, en el cual el dato que supere o iguale dicho valor se cifra como 1 y en el caso contrario tome valor de 0. El dato referente al umbral, fue la mediana²⁰ de la serie de varianza arrojada por la modelación del GARCH en cada una de las series.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de la modelación de la varianza de los retornos estacionarios de la TRM y el WTI.

	TRM GARCH(1,1)	WTI GARCH(1,1)
Mean	5.09E-05	0.000916
Median	2.20E-05	0.000751
Maximum	0.001301	0.099670
Minimum	1.50E-06	0.000585
Std. Dev.	9.65E-05	0.002452
Skewness	6.157450	31.97204
Kurtosis	54.34981	1127.970
Observations	2925	2925

Fuente: Elaboración propia

²⁰ Se toma la mediana, ya que es una medida de tendencia central.

Por consiguiente se construyó una variable dummy a partir de las series de varianza del modelo GARCH(1,1) para los retornos logarítmicos en diferencias, tanto para la TRM como la WTI. De esta forma las nuevas variables categóricas se expusieron de la siguiente manera:

D2.1: corresponde a la variable dummy creada para la serie de varianza del modelo GARCH (1,1) de las diferencias de los retornos logarítmicos de la TRM. Toma el valor de uno (1), cuando un valor de la serie sea mayor o igual a $2.20E-05$, y toma el valor de cero (0) en el caso contrario.

D4.1: corresponde a la variable dummy creada para la serie de varianza del modelo GARCH (1,1) de las diferencias de los retornos logarítmicos del WTI. Toma el valor de uno (1), cuando un valor de la serie sea mayor o igual a 0.000751 y toma el valor de cero (0) en el caso contrario.

Por consiguiente el nuevo modelo usando el estimador Newey-West, se presenta de la siguiente forma:

$$VaR_t^{95\%} = c_t + \beta_1 D21 + \beta_2 D41 + \varepsilon_t$$

Tabla 4. Estimación del modelo de factores usando variables dummy, a través de Newey-West

Coeficientes	Valor estimado	STD
Intercepto	0.018391	0.000398
D21	0.003151	0.000879
D41	0.001223	0.000576

Log Likelihood	F-statistic y Prob(F-Statistic)
9491.148	48.77061 0.000000

CIS	HQ	AIC
6.483705	6.487631	6.489841

Fuente: Elaboración propia

Los resultados expuestos en la Tabla 4, confirman nuevamente que las variables TRM y WTI inciden para explicar el VaR Colombiano. Además de confirmar que las fuertes variaciones en los precios de ambas series (TRM y WTI), si repercuten en el Valor en Riesgo del mercado del país. El estadístico F, nos confirma de nuevo la significancia estadísticas de estas variables, brindando mayor robustez a la estimación.

De esta forma se acepta la hipótesis 2; donde se afirma que la tasa representativa del mercado impacta el Valor en Riesgo del mercado colombiano y la hipótesis 4; donde se afirma que el precio del petróleo afecta el valor en riesgo del mercado colombiano. Por su parte no se aceptan las hipótesis 1 y 3 correspondientes al impacto de la tasa de interés y la inflación respectivamente.

Los resultados del presente estudio indican la sensibilidad que posee el mercado colombiano ante los movimientos del precio del petróleo, y ante los movimientos de la tasa representativa del mercado. En cuanto a la toma de medidas en el mercado colombiano para limitar la alteración en el VaR es necesario realizar gestión de riesgo frente a los movimientos del petróleo, ya que este factor es un factor exógeno a la economía nacional.

Por el contrario la tasa representativa del mercado es un factor endógeno de gran relevancia ya que se relaciona con la política monetaria del país, donde las medidas tomadas para el mantenimiento del peso frente al dólar impactan en la solvencia del mercado colombiano ante las situaciones de riesgo.

CONCLUSIONES

En este documento se presenta un modelo de factores macroeconómicos que permiten explicar el Valor en Riesgo del mercado Colombiano, y así tratar de captar hechos estilizados asociados al mercado bursátil del país.

Se implementó la medida estándar para el cálculo del Valor en Riesgo del mercado exigida para Colombia, para así construir la variable a explicar. Los resultados arrojados respecto a la medición del VaR, son consistentes con la literatura académica concerniente al tema.

Los modelos usados para las distintas estimaciones son modelos sencillos y de fácil aplicación, apropiados para la modelación de series financieras.

Se realizaron cálculos con distinto horizonte temporal; uno mensual y otro diario. Los resultados arrojados por el modelo de periodicidad mensual mostraron que el VaR no fue afectado por las variables tomadas para el caso de estudio, no obstante cabe resaltar que los modelos usados plantean una relación lineal entre las variables. Dicho de otra forma, cabe la posibilidad de que entre las variables de estudio manejando una frecuencia mensual y el VaR, exista una relación no lineal cuya comprobación requerirá nuevos análisis empíricos.

Por otro lado, los modelos de regularidad diaria, mostraron que sólo la TRM y WTI, inciden en la explicación del riesgo de mercado Colombiano. Los resultados muestran que hasta 10 días hábiles del precio del petróleo inciden en el valor en riesgo así como hasta 6 días de la tasa representativa del mercado.

De acuerdo con los resultados, los coeficientes de las variables WTI y TRM revelan el signo esperado, ya que en caso de la primera, la estimación muestra una relación inversa entre dicha variable y el VaR; lo que implica que ante una baja del precio del petróleo (WTI) aumenta el Valor en Riesgo (VaR) del mercado accionario, evidenciando la sensibilidad que posee el mercado accionario

colombiano, ante los movimientos del precio del petróleo. En el segundo caso la TRM revela una relación directa con el VaR; lo que implica que ante una devaluación de la moneda colombiana se incrementa el Valor en Riesgo del mercado del país.

Las implicaciones de los resultados del presente estudio, revelan la sensibilidad del mercado ante los movimientos del precio del petróleo, lo que causa la necesidad de aplicar medidas de gestión de riesgo frente a este factor ya que éste es un factor exógeno a la economía nacional, a diferencia de la tasa representativa del mercado, donde se relaciona directamente con la política monetaria del país y puede realizarse una mejor gestión del riesgo ya que ésta es una variable endógena.

Las distintas metodologías efectuadas para esta modelación reportan resultados aceptables y robustos, lo que evidencia que el Valor en Riesgo del mercado Colombiano no reacciona a periodos largos como los mensuales, pero si reacciona a periodos cortos como los diarios.

Finalmente, las distintas estimaciones permiten probar que los parámetros tomados son significativos estadísticamente de manera conjunta para la explicación del VaR.

Dentro de este contexto, ha de considerarse que el presente estudio ha de ser útil para futuros investigadores interesados en profundizar en este tópico, implementando herramientas estadísticas y econométricas complejas que brinden mayor robustez, ya que este es un trabajo pionero en la relación de factores que inciden en la explicación del Valor en Riesgo de un país.

En cuanto a las limitaciones del presente trabajo se puede concluir que la metodología usada para el cálculo del riesgo de mercado no es la mas apropiada para situaciones extremas como son las crisis ya que dicha metodología no valora adecuadamente las colas pesadas repercutiendo en incentivos erróneos para la

gestión de riesgo. Por otro lado el modelo de factores plantea únicamente relaciones lineales entre las variables pero no capta relaciones de tipo no lineal restringiendo la posibilidad de encontrar relaciones entre las variables sujeto de estudio.

La ampliación respecto al tema puede considerar distintos aspectos como: otras metodologías del cálculo del Valor en Riesgo, modelación de varianza tomando estándares que permitan modelar los impactos de las noticias negativas y positivas o capturar aquellas relaciones presentes en las variables de tipo no lineal, entre otros casos.

REFERENCIAS

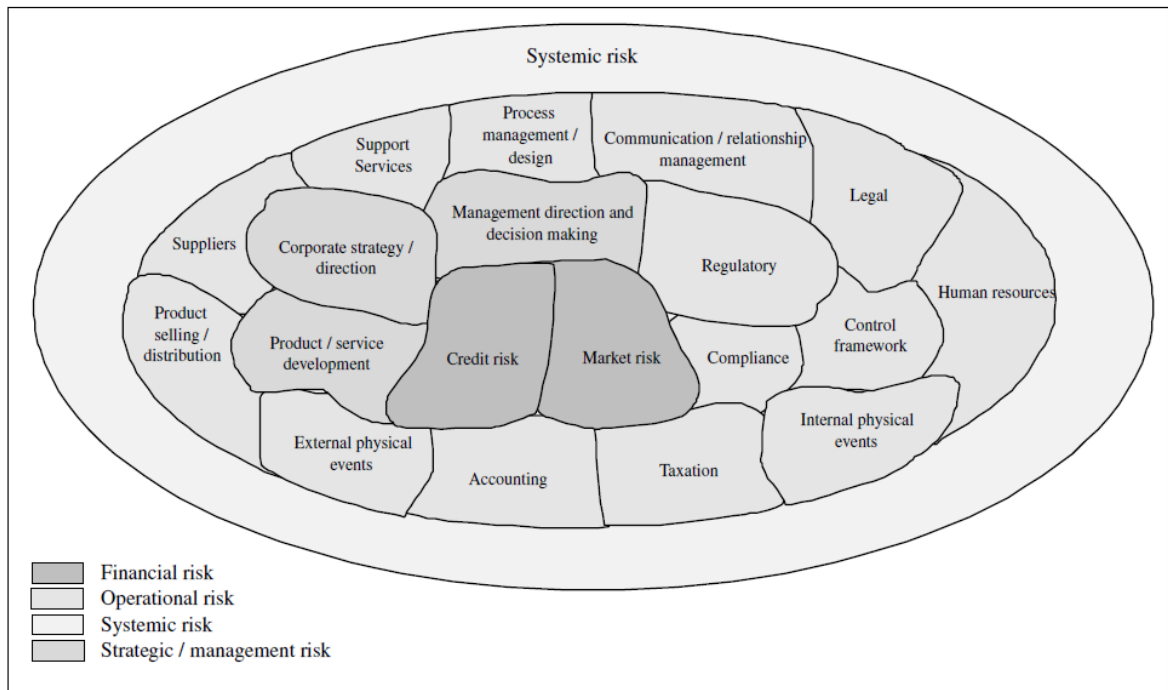
- ALEXANDER , Carol. Risk Management and Analysis; Measuring and Modelling Financial Risk. New York: John Wiley & Sons, 1998, vol.1.
- BAILEY, Roy. The Economics of Financial Markets. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- CHAN, Louis., KARCESKI, Jason., & LAKONISHOK, Josef. The Risk and Return from Factors. En: Journal of Financial and Quantitative Analysis, 1998, vol. 33, no 2, p. 159-188.
- CHEN, Nai-Fu., ROLL, Richard., Ross Stéphen. Economic Forces and the Stock Market. En: The Journal of Business, 1986, vol. 50, no 3, p.383-403.
- CHRISTOFFERSEN, Peter. Elements of Financial Risk Management. San Diego CA: Elsevier, 2012, vol 2.
- COCHRANE, John. Asset Pricing. New Jersey: Princenton University Press, 2001.
- ENGLE, Robert. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. En: Econometrica, 1982, vol. 50, no 4, p. 987-1007.
- EYCHENNE, Karl., MARTINETTI, Stéphane., & RONCALLI, Thierry. Strategic Asset Allocation. En: Lyxor Withe Paper Series, 2011.
- FAMA, Eugene., & FRENCH, Kenneth. Common risk factors in the returns on stock and bonds. En: Journal Financial Economics, 1993, no 33, p. 3-56.
- GALLATI, Reto. Risk Management and capital adequacy. Cambridge USA: McGraw-Hill, 2003.
- GREENE, William. Econometric Analysis. New York: Prentice Hall, 2003.

- HUANG, Peng., & HUENG, James. Interest-Rate Risk Factor and Stock Returns: a Time-Varying Factor-Loading Model. En: Applied Financial Economics, 2009, vol 19, p.1813-1824.
- JP MORGAN/ REUTERS. Risk Metrics™ -Technical Document. New york: RiskMetrics, 1996, Cuarta Edición.
- MCNEIL, Alexander., FREY, Rüdiger., & EMBRECHTS, Paul. Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools. Princenton: Princeton University Press, 2006.
- MELO, Luis Fernando., & BECERRA, Oscar . Medidas de riesgo, características y técnicas de Medición: aplicación del VaR y el ES en la tasa interbancaria de Colombia. En:Gerencia Técnica, Banco de la Republica de Colombia ,2005.
- MELO, Luis Fernando., & GRANADOS, Joan Camilo (2010). Regulación y Valor en Riesgo. En:Borradores de Economía, Banco de la Republica de Colombia , 2010, no 615.
- NEWHEY, Whitney., & WEST, Kenneth. Simple, Positive Semi-definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation consistent covariance matrix. En: Econometrica, 1987, vol 55, no 3, p. 703-708.
- ROBOTTI, Cesare. The Price of Inflation and Foreign Exchange Risk in International Equity Markets. En: Federal Reserve Bank of Atlanta, 2001.
- RONCALLI, Thierry., & WEISANG, Guillaume. Risk Parity Portfolios with Risk Factors. En: Munich Personal RePEc Archive, 2012, no 44017.
- TSAY, Ruey. Analysis of Financial Time Series. New Jersey: Wiley Interscience-John Wiley & Sons, 2005, segunda edición.
- URIBE, Jorge Mario., & ULLOA, Ines Maria. La medición del riesgo en eventos extremos. Una revisión metodológica en contexto. En: Lecturas de Economía, 2012, no 76.

ANEXO

Gráfico 1

Risk Map of a Total Risk Management Approach. (Source: Modified from KPMG.)



Tomado de Gallati 2003 p 20.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables diarias.

	IGBC	OMA	TRM	WTI	VAR99	VAR95
Mean	8.367,8	0,06312	2.208,5	65,3	0,02875	0,02058
Median	9.460,0	0,06500	2.245,7	65,9	0,02529	0,01815
Maximum	16.278,9	0,11500	2.968,9	203,4	0,18483	0,13034
Minimum	776,5	0,03000	1.652,4	17,8	0,01631	0,01059
Std, Dev,	4.788,6	0,02104	351,8	27,9	0,01340	0,00958
Skewness	-0,2	0,22336	0,5	0,2	4,63459	4,59973
Kurtosis	1,7	2,19199	2,1	2,3	34,39635	34,30814
Jarque-Bera	247,7	103,85550	201,4	66,5	130.562,50000	129.731,80000
Probability	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sum	24.467.381,0	184,57250	6.457.667,0	190.836,4	84,05468	60,17881
Sum Sq, Dev,	6,70E+10	1,29442	3,62E+08	2.278.492,0	0,52446	0,26815
Observations	2.924	2.924	2.924	2.924	2.924	2.924

Fuente: Elaboración propia.

Estimador Newey-West.

Tomando las notaciones de Tsay (2005), “podemos escribir la regresión de un modelo, de la siguiente manera:

$$y_t = x_t' \beta + e_t, t = 1, \dots, T,$$

Donde y_t representa la variable dependiente, x_t' un vector de las variables explicatorias donde se incluye la constante, y β son los parámetros del vector. Bajo la estimación de MCO, la matriz de covarianza asociada a los parámetros es la siguiente:

$$Cov(\hat{\beta}) = \sigma_e^2 \left[\sum_{t=1}^T x_t x_t' \right]^{-1}$$

σ_e^2 es la varianza de e_t , resultante de la estimación de la varianza de los residuales de la regresión, que bajo la presencia de autocorrelación y heterocedasticidad hace que la covarianza de la matriz de los estimadores sea inconsistente. La propuesta de Newey-West es

$$Cov(\hat{\beta})_{HAC} = \sigma_e^2 \left[\sum_{t=1}^T x_t x_t' \right]^{-1} \hat{C}_{HAC} \left[\sum_{t=1}^T x_t x_t' \right]^{-1}$$

Donde $\hat{C}_{HAC} = \sum_{t=1}^T \hat{e}_t^2 x_t x_t' + \sum_{j=1}^l w_j \sum_{j=1}^l (x_t \hat{e}_t \hat{e}_{t-j} x_{t-j}' + x_{t-j} \hat{e}_{t-j} \hat{e}_t x_t')$

Donde l es un parámetro de truncamiento y w_j es una función de peso". (Tsay, 2005)

$$w_j = 1 - \frac{j}{l+1}$$

Test de Wald

Wald Test
Null Hypothesis: C(1)=0, C(2)=0, C(3)=0,C(4)=0, C(5)=0, C(6)=0, C(7)=0, C(8)=0, C(9)=0, C(10)=0, C(11)=0, C(12)=0, C(13)=0, C(14)=0, C(15)=0, C(16)=0, C(17)=0, C(18)=0

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(1)	0.020712	0.000470
C(2)	0.014486	0.007578
C(3)	-0.023182	0.009979
C(4)	-0.021546	0.010398
C(5)	-0.019736	0.009344
C(6)	-0.017989	0.008611
C(7)	-0.014803	0.007674
C(8)	-0.013642	0.007488
C(9)	-0.015987	0.008384
C(10)	-0.018086	0.008525
C(11)	-0.018645	0.009095
C(12)	-0.013972	0.007920
C(13)	0.070214	0.035457
C(14)	0.071504	0.034424
C(15)	0.078070	0.035217
C(16)	0.077462	0.035961
C(17)	0.098474	0.043078
C(18)	0.069235	0.040668