

**CONSISTENCIA DEL VaR PARA UN PORTAFOLIO DE RENTA FIJA,
UTILIZANDO MÉTODOS PARAMÉTRICOS, NO PARAMÉTRICOS Y DE
AGREGACIÓN -CASO BANCO COMERCIAL NACIONAL**

CARLOS EDUARDO VARGAS VARGAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA FINANCIERA
BUCARAMANGA**

2006

**CONSISTENCIA DEL V_eR PARA UN PORTAFOLIO DE RENTA FIJA,
UTILIZANDO MÉTODOS PARAMÉTRICOS, NO PARAMÉTRICOS Y DE
AGREGACIÓN -CASO BANCO COMERCIAL NACIONAL**

CARLOS EDUARDO VARGAS VARGAS

TESIS DE GRADO

Asesor

ING. GLORIA INES MACIAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA FINANCIERA
BUCARAMANGA
2006**

Dedico este esfuerzo a la Universidad Autónoma de Bucaramanga, y la facultad de Ingeniería Financiera, por permitirme formar como profesional, por su flexibilidad, por la calidad de sus docentes, que permite formar a los futuros profesionales con calidad; Y por supuesto a las personas que han formado parte de este proceso académico, sin excluir claro está a aquellos seres que siempre han estado a mi lado, agradezco infinitamente a Carolina por su comprensión y apoyo y a mis compañeros de universidad que compartieron conmigo grandes momentos, especialmente a Andrea Natalia Chaín, por su cariño y amistad.

El Autor.

Agradecimiento especial a Gloria Inés Macías, asesora del proyecto de investigación, a mis padres que incondicionalmente me apoyan, y a DIOS que siempre guía mis pasos.

RESUMEN

En la actualidad, las entidades financieras en Colombia están mayormente expuestas a los riesgos de mercado en sus carteras de negociación, y sus utilidades proporcionalmente se ven más influenciadas por la composición de sus portafolios de inversión, concluyendo que este tipo de negocios genera por una parte utilidades “estructurales” provenientes de su actividad de intermediación y por otra parte “utilidades no estructurales” que se relaciona con el manejo de sus inversiones, siendo necesario resaltar la enorme importancia de la administración de estos riesgos, por su grado de impacto sobre las finanzas y la estabilidad de estas empresas, que incluso podría representar el colapso en épocas de turbulencias.

La investigación propuesta pretende hacer un análisis objetivo de las metodologías aplicadas para medir el riesgo de mercado en un Banco Comercial Nacional, y evaluar la consistencia de los mismos modelos matemáticos y estadísticos para el hallar el Valor en Riesgo (VeR), a fin de determinar la conveniencia de utilizarlos para determinar el grado de exposición al riesgo de fluctuaciones en los precios de los activos financieros y administrarlos más eficientemente.

Por otra parte, nos permite conocer más a fondo las herramientas actualmente utilizadas por las entidades financieras en Colombia para medir y controlar estos riesgos, y las metodologías que se pueden aplicar para validar su consistencia, evaluándolo desde diferentes escenarios futuros, en condiciones normales y extremas, y adicionalmente conociendo cuales activos le aportan más al riesgo de mercado dentro de un portafolio de renta fija con tasas fijas e indexadas, a través del VeR incremental.

En la actualidad, muchas entidades financieras basan sus prácticas sobre la estimación y gestión de riesgos, en el Valor en Riesgo (VeR). A la consolidación de este enfoque como herramienta de gestión del riesgo de mercado entre las entidades financieras ha contribuido de forma notable el grupo J.P. Morgan al hacer pública en octubre de 1994 la descripción de su sistema de medida del riesgo de mercado denominado RiskMetrics, así como el conjunto de datos necesarios para su aplicación.

Por otro lado, también ha contribuido a la consolidación de estos sistemas el hecho de que las autoridades internacionales en supervisión bancaria (Comité de Basilea y Unión Europea), hayan permitido a las entidades financieras la posibilidad de determinar la cantidad de fondos propios necesarios para cubrir el riesgo de mercado de sus carteras de negociación mediante modelos propios basados en la metodología VeR. Aunque los parámetros del modelo están estandarizados¹ por las entidades reguladoras, las instituciones financieras no están obligadas a utilizar un modelo concreto para estimar el VeR, es decir, las entidades pueden decidir el tipo de enfoque que utilizarán y periódicamente tendrán que revelar los datos relacionados con sus resultados. Esta libertad para decidir el modelo a utilizar en realidad tiene sentido, ya que no existe hasta el momento un determinado enfoque VeR que sea superior al resto en forma generalizada aplicada a cualquier cartera de inversión.

La selección del método para la medición del riesgo de mercado no es sencilla. En la elección juega un papel importante factores como la relación entre costos y beneficios de cada modelo, las posiciones en los distintos mercados, el número y

¹ Tanto el comité de Basilea, como la Unión Europea exigen que el VaR se estime con un nivel de confianza del 99% sobre un período de 10 días de negociación utilizando por lo menos un año de datos históricos para que el modelo pueda ser utilizado para determinar los fondos propios necesarios para cubrir el riesgo de las carteras de negociación.

tipo de instrumentos negociados, el personal dedicado a control de riesgos y su competencia, y de la tecnología disponible.

Para lograr los objetivos propuestos por el autor, éste, evaluó las metodologías actualmente utilizadas por las entidades financieras en Colombia, para el cálculo del VeR, como métodos Paramétricos, No-Paramétricos, y el Método de Agregación de Factores (modelo estándar establecido por la Superfinanciera), a fin de determinar la consistencia de estos modelos. Para ello se hizo necesario modelar las volatilidades, para el caso de Métodos Paramétricos, con metodologías que a juicio del autor proporcionan una mayor consistencia del VeR, considerando el Modelo Riskmetrics con suavizamiento exponencial EWMA (Exponential Weight Moving Average- caso específico GARCH), y el método de Montecarlo; Luego se valoraron los títulos de renta fija incluidos en el portafolio, con tasa fija e Indexada a precios de mercado y, posteriormente, se calculó el Valor en Riesgo (VeR), a través de métodos No-Paramétricos o de simulación Histórica, y finalizamos con la realización de pruebas de (back-testing), para determinar el grado de confianza de las estimaciones del VeR; Y pruebas de (Stress-Testing) en donde se aplica la teoría de valor extremo (TVE), para analizar el comportamiento del portafolio en condiciones extremas.

1. INTRODUCCIÓN

En tiempos en el que el riesgo representa una prioridad en el entorno empresarial, y progresivamente se convierte en un tema de mayor relevancia para las compañías y protagonista en las juntas directivas de las empresas en la actualidad, bien podría señalar que aunque se han presentado avances en esta materia, han sido insuficientes algunos esfuerzos por administrarlos y mitigarlos, y necesariamente se tendrán que implementar nuevas estrategias y medidas a nivel corporativo para hacerle frente a problemas futuros que se prevén con los actuales sistemas de administración y control de riesgos; Luego, esta coyuntura es propicia para hacer un análisis de la forma como algunas entidades administran y controlan sus riesgos.

Podría citar, por ejemplo la creciente importancia de los riesgos Operacionales, en la cual ya muchas compañías han iniciado esfuerzos para medirlos y controlarlos, dada la creciente exposición y vulnerabilidad , luego este entorno obliga a las entidades a aumentar sus esfuerzos por identificar y controlar mejor este tipo de riesgos; Otro de ellos, es el bastante conocido riesgo de Crédito, al cual se le atribuye el mayor interés a nivel corporativo en este sector, por cuanto representa el objeto social de este tipo de negocios y por tanto los esfuerzos por administrarlos eficientemente cada vez son de mayor envergadura a nivel económico, contratando firmas consultoras expertas en temas estadísticos, y haciendo fuertes inversiones en paquetes computacionales especializados, y apoyo técnico, para administrarlo; Lo cual hace que las entidades financieras cada vez más se especialicen en el tema, y controlen mejor sus riesgos.

Todo apunta a una serie de avances en esta materia, pero la coyuntura no permite que abordar el tema de una forma más despreocupada y sencilla, porque es evidente que en Colombia todavía falta mucho por tratar en estos temas de riesgo.

Por otra parte, el papel de las entidades reguladoras sigue siendo importante, aunque ahora desde un escenario menos paternalista. Valdría la pena señalar por ejemplo, los esfuerzos por parte de la Superfinanciera (antigua Superbancaria), el cual puso en marcha en el 2002 el (Sistema de Administración de Riesgo de Crédito) SARC, el cual abrió caminos para controlar y mitigar los riesgos de crédito y así fortalecer las entidades de este sector; Además de los esfuerzos por controlar y mitigar los riesgos de mercado y operativos.

Ahora bien, si observamos como diferentes fuentes informativas, los análisis de expertos, de la misma Banca central², el gobierno y los accionistas, ven con preocupación el futuro del sector financiero, ya que la tendencia creciente de la rentabilidad de los Bancos que empezó en 2002, se detuvo en diciembre de 2005 y ahora se encuentra en el 2.7%, y considerando que gran parte de las utilidades de este tipo de entidades está fuertemente influenciado por su negocio de intermediación, principalmente por la calidad de su cartera, también es necesario considerar y cobra cada vez mayor fuerza, el impacto del aumento en las inversiones, por lo cual la estructuración de sus portafolios de inversión, los instrumentos de cobertura, y las metodologías adoptadas para controlar sus riesgos cada vez son más representativos. Por tal razón es normal sentir preocupación por el futuro de este tipo de entidades, en las que riesgos como el de mercado han aumentado rápidamente en los últimos años, y en nuestro caso, los últimos dos reportes de cierre anual revelan en forma consecutiva que estos

² Gestión en Riesgo. Revista Dinero. Edición 227. Abril 2002.

han aumentado substancialmente, incluso más que el ascenso en las utilidades bancarias.

Por esta razón, surge un interés particular por conocer y evaluar como se administra este tipo de riesgos en las entidades financieras en Colombia y a su vez desarrollar las metodologías usualmente utilizadas en la actualidad para el calcular el VeR, en un portafolio de renta fija, con tasas fijas e indexadas; y medir la consistencia de estos modelos realizando diferentes pruebas de validación.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar las metodologías actualmente utilizadas por las entidades financieras en Colombia, para el cálculo del VeR, como métodos Paramétricos, No-Paramétricos, y el Método de Agregación de Factores (modelo estándar establecido por la Superfinanciera), a fin de determinar la consistencia de estos modelos, y complementarlo con pruebas de Back-Testing, y Stress-Testing, para un portafolio de renta fija con tasas fijas e indexadas.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Modelar las Volatilidades, para el caso de Métodos Paramétricos, con metodologías que proporcionen una mayor consistencia del VeR, considerando el Modelo Riskmetrics con suavizamiento exponencial EWMA (caso específico GARCH), y el método de Montecarlo.
2. Valorar los títulos de renta fija incluidos en el portafolio, con tasa fija e Indexada a precios de mercado.
3. Calcular El Valor en Riesgo a través de métodos Paramétricos, y No-Paramétricos o de simulación Histórica.
4. Realizar pruebas de (back-testing), para determinar el grado de confianza de las estimaciones del VeR; Pruebas de (Stress-Testing) aplicando la Teoría de Valor Extremo (TVE), y evaluar el VaR incremental, con base en el Portafolio de Inversiones de títulos de renta fija considerado.

3. LINEAMIENTOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Hoy en día, existe una mejor definición de riesgos, nuevos estándares (paradigmas) en la medición cuantitativa de los mismos y estructuras organizacionales con vocación de investigación aplicada en modelos matemáticos y, técnicas especializadas, que requieren definitivamente el soporte tecnológico necesario y la intervención de profesionales capaces de crear e interpretar modelos matemáticos y estadísticos y técnicas especializadas; Luego, se debe resaltar la importancia de los avances en la tecnología, que facilitan el proceso de identificación, evaluación y control de riesgos para realizar una efectiva administración de los mismos, procesando considerables volúmenes de información en un tiempo muy reducido, pero condicionado siempre a la habilidad humana para su utilización e interpretación.

Con base en estos preceptos, debo aclarar, que este proyecto de investigación se construye en razón a estas premisas, y en consecuencia, se debe mencionar que muy a pesar de no utilizar paquetes tecnológicos sofisticados, que demandarían una gran inversión, se desarrollaron las diferentes metodologías matemáticas y estadísticas con herramientas que se encuentran al alcance, y que igualmente permitieron desarrollar el trabajo de investigación; Utilizando como soporte el programa Excel de Windows, que fácilmente permitió hacer las inferencias estadísticas y los cálculos necesarios.

Por otra parte, fue de gran importancia para el encuadre del estudio las diferentes referencias bibliográficas, en las cuales se soportan las metodologías propuestas, siendo las más relevantes los textos "*Medición y Control de Riesgos financieros*" de Alfonso de Lara, "*Turbulencias Financieras y Riesgos de Mercado*" de Ángel

Vilariño Sanz, la página Web de la Superintendencia Financiera de Colombia, así como el texto del documento Riskmetrics y del Basilea III, entre otros.

Cabe resaltar que la decisión de utilizar algunas metodologías, se vieron en cierta parte influenciadas por la información proporcionada por la entidad financiera sobre la cual se hicieron las estimaciones correspondientes, ya que ésta a pesar de que utiliza paquetes computacionales sofisticados, en donde se corren los modelos matemáticos y estadísticos diariamente, lo más automático posible, dada la importancia de hacer de estas herramientas más flexibles y prácticas, la metodología era la misma, pues se basan sobre referencias teóricas similares, con la diferencia que puede resultar de los supuestos y condiciones que considere la entidad particular. Lo cual representó uno de los mayores retos de este trabajo de investigación, por cuanto obliga al autor a referirse y profundizar en ciertas técnicas y metodologías, sin perder de vista la proporcionalidad de los datos reales que ampliamente se pueden consultar en las diferentes fuentes informativas, y los supuestos que para estas estimaciones se hagan, con el propósito de acercarnos a los datos reales, a través de estas inferencias estadísticas y matemáticas y finalizar esta investigación validando la consistencia de estas metodologías utilizadas por las entidades financieras en Colombia.

Ahora bien, el autor necesariamente debe resaltar el papel de las entidades que vigilan, como por ejemplo La Superintendencia Financiera, quien cumple ampliamente sus funciones de supervisión y control, y que por fortuna cada vez es más objetiva, dejando de lado esa figura paternalista en relación al control de los riesgos de las mismas, y hoy les permite manejar sus propios modelos de administración de riesgos, pero igualmente proporciona herramientas para el cálculo de los mismos, convirtiéndose progresivamente en un medio o soporte importante para las entidades de este sector, ya que establece unos parámetros y exige la presentación de información periódica para evaluarlos según sus propias

metodologías, y sobre la cual miden a todas las entidades vigiladas, razón por la cual se hizo necesario considerarla para el encuadre del estudio. Por otra parte se busca resaltar la conveniencia de utilizar alguna metodología especial, al validar la consistencia de las mismas, calibrándolas con pruebas de Back-testing, e igualmente con estimaciones en condiciones extremas, (Stress-testing).

En relación con los instrumentos de inversión propuestos para el desarrollo del proyecto de investigación, es necesario aclarar que la decisión del autor de incluir un portafolio de instrumentos de renta fija, correspondiente a títulos de deuda (TES), emitidos por la nación, se fundamenta en el hecho de reconocer la mayor participación de estos en las carteras de inversión de las entidades financieras en Colombia y que ampliamente se pueden corroborar a través de los diferentes medios informativos, reconociendo la gran influencia del comportamiento de las diferentes variables económicas sobre la cual se estructuran estos instrumentos financieros, en las pérdidas o ganancias de los portafolios de inversión, considerando títulos de renta fija, con tasa fija e indexadas en diferentes vencimientos. Ahora bien, cabe señalar que las fuentes de información de las series financieras consideradas, y de los títulos valorados, fueron proporcionados por la Superfinanciera a través de su página Web (www.superfinanciera.gov.co), e igualmente a través de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), con su sistema de información (Infoaval), de donde se tomaron las bases para estimar los valores presentes de los bonos, de acuerdo a las curvas de referencia de precios en pesos y uvr, las tasas de descuento, y considerando la metodología para el cálculo de los betas que estructuraron las series financieras; Además se remitió el autor, a fuentes como la superfinanciera, para evaluar su propia metodología de control de riesgos de mercado, además de la página Web de corfinsura y del banco de la república, los cuales proporcionaron información valiosa para el desarrollo del proyecto de investigación.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo final de investigación se desarrolló en tres fases principales, las cuales se detallan a continuación, y que fueron precedidos por la organización y consolidación de la información relacionada con el objeto de estudio, como los reportes periódicos que emite la Superfinanciera, el banco de la República y medios económicos especializados que igualmente sirvieron de base para justificar la realización de este proyecto de investigación; Luego se hace necesario además, evaluar el tema de la administración del riesgo de mercado en Colombia, el comportamiento de las series financieras, los análisis de expertos, y los informes periódicos de los diferentes medios; De igual forma, se tuvieron en cuenta algunos trabajos de Investigación relacionados con este tema, buscando complementarlo, pero teniendo claro el direccionamiento del mismo, y la objetividad del proyecto para el cumplimiento de los objetivos propuestos. Además se consideraron algunas teorías relacionadas con el objeto de estudio, entre ellas tenemos, la teoría moderna de cartera de valores, la teoría de probabilidad, y la teoría valor extremo.

En la primera fase se hizo un análisis estadístico de las series financieras consideradas para establecer la normalidad de las mismas, posteriormente se valoraron los cuatro títulos de deuda que conforman la cartera de inversiones simulada, (TES–Tasa fija-Indexada), a precios de mercado y se establecieron niveles de exposición al riesgo de mercado teniendo en cuenta los datos suministrados por diferentes fuentes; Y para finalizar, se evaluaron los títulos que más le aportaron al riesgo de mercado considerando un portafolio de renta fija, a través del VeR incremental.

En la Segunda fase se calculó la volatilidad recursiva para el caso específico de los métodos paramétricos, a través de la metodología (EWMA – Exponential Weight Moving Average) o de suavizamiento exponencial, calculando previamente los Factores de decaimiento (Lambda-óptimos) a través de la metodología de minimización del error cuadrático medio (RMSE).

En la tercera y última fase, se adoptaron algunas metodologías matemáticas y estadísticas utilizadas en la actualidad por las entidades financieras en Colombia para calcular el valor en riesgo, como los métodos Paramétricos, con suavizamiento exponencial (Riskmetrics -tipo EWMA), el cual corresponde a un tipo específico de garch, creado por el grupo J.P. Morgan y Reuters (1994) profundizando en ella, y convirtiéndose en la principal referencia teórica para el desarrollo de este proyecto de investigación. En él se considera el concepto de valor en riesgo (VeR), como modelo para medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros o portafolios con varios tipos de instrumentos, denominando el valor en riesgo (VeR) como un modelo estadístico, basado en la teoría de probabilidad.

Posteriormente se realizan pruebas de validación (back-testing), para determinar el grado de confianza de las estimaciones del VeR; Pruebas de (Stress-Testing) aplicando La Teoría de Valor Extremo (TVE), para determinar el nivel de capital y de pérdidas que se pueden ocasionar como consecuencia de las fluctuaciones atípicas o en condiciones anormales y se evalúa el VeR incremental, con base en el Portafolio de Inversiones de títulos de renta fija considerado; Confirmando que la mayor parte de los modelos de gestión de riesgos complementan la estimación del riesgo mediante la simulación de distintos escenarios sobre los movimientos en las variables de mercado. Estos escenarios son estimados previamente por los administradores del riesgo, con el objetivo de comprobar los efectos que tendrían

sobre los instrumentos o las carteras la repetición de determinadas pautas históricas de comportamiento. Algunos de estos escenarios son elegidos de forma subjetiva, mientras que otros tratan de emular situaciones de crisis pasadas³. Este último enfoque es el llamado *Stress-Testing* y se ha convertido en una parte integral de un proceso bien diseñado de gestión del riesgo.

Fase 1 - Análisis estadístico.

Las varianzas y covarianzas de los retornos de los activos son usadas como medidas de dispersión o riesgo. Sin embargo dependiendo de la distribución de los retornos, la varianza podría no ser un estadístico suficiente o válido a usar. Por tanto, es necesario probar que la serie de retornos sigue una distribución normal; para ello se utilizó, la técnica más común entre las múltiples que encontramos, denominado el estadístico de Jarque Bera (JB)⁴, el cual mide la diferencia de la simetría y empinamiento (curtosis) de la serie de datos respecto a las arrojadas por una distribución normal. Bajo la hipótesis nula de normalidad de la serie, el JB se distribuye como una chi-cuadrado χ^2 con dos grados de libertad.

El resultado reportado es la probabilidad de que el JB (en valor absoluto) exceda el valor observado bajo la hipótesis nula; en este orden de ideas, nuestros cálculos arrojaron una baja probabilidad en dos de las cuatro series financieras, que condujeron a rechazar la hipótesis nula de normalidad de la distribución en estas dos series (BONO completo Ind. IPC-07 y TES Indexado a la UVR-09) y ocurrió lo contrario en las restantes dos series (TES Completo Tasa Fija-12 y TES

3 Crash bursátil de octubre de 1987, Guerra del Golfo a principios de 1991 o la crisis del Sistema monetario Europeo a finales de 1992.

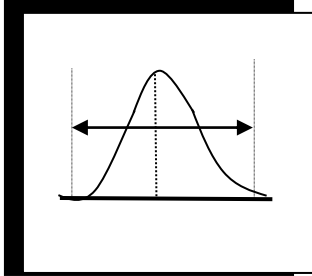
4 El estadístico Jarque Bera= $\frac{K-3}{S^2} + \frac{S^2-6}{6}$ donde K es la curtosis, S el coeficiente de asimetría y k el número de parámetros para calcular este estadístico

Completo Ind. DTF-08). La no normalidad de la distribución de la serie de retornos implica que, si se utiliza s como indicador de la volatilidad, se está omitiendo el hecho de que ésta no es constante en el tiempo sino que varía en una proporción distinta de la raíz del tiempo t (t). Ahora bien, al hecho de que algunas observaciones cayeron en los extremos de la distribución (colas gruesas) se podría decir que en algunas ocasiones y más tratándose de series financieras, la distribución normal no es adecuada, y en muchos casos no es apropiada su utilización. Como resultado, en tiempos de turbulencia, se podría considerar a las observaciones grandes como datos aberrantes, cuando realmente son descritas por una distribución temporalmente mayor.

Luego las primeras estimaciones condujeron a determinar la normalidad probabilística de las cuatro series financieras consideradas, realizando la prueba de Jarque Bera, y localizando principalmente el centro de la distribución, el grado de dispersión, el empinamiento de la curva (kurtosis) y el nivel de asimetría arrojando los siguientes resultados:

Estadística Descriptiva	25-Ene-12	22-Ago-08	9-Nov-07	25-Jul-09
Media	-0,0017467	-0,001470594	-0,001357139	-0,003960307
Error típico	0,00065423	0,00059562	0,000601238	0,001798212
Mediana	-9,128E-05	-0,000262187	-0,000347155	-0,000524291
Desviación estándar	0,01030283	0,009379831	0,009468308	0,028318271
Varianza de la muestra	0,000106148	8,79812E-05	8,96489E-05	0,000801924
Curtosis	2,832483610	3,517401559	4,127664911	19,36399451
Coefficiente de asimetría	0,025449634	0,261433339	0,309027478	1,501503212
Rango	0,083260907	0,079165321	0,076406641	0,357128416
Mínimo	-0,04385585	-0,039410173	-0,03629225	-0,145158093
Máximo	0,03940506	0,039755148	0,040114392	0,211970323
Mayor (1)	0,03940506	0,039755148	0,040114392	0,211970323
Menor(1)	-0,04385585	-0,039410173	-0,03629225	-0,145158093
Datos	248	248	248	248
Nivel de confianza(95,0%)	0,001288582	0,001173142	0,001184208	0,003541786

Prueba de Normalidad



H₀: La curva es normal con un Nivel de confianza del 99%.

H₁: La curva no es normal.

JARQUE BERA				
(Sesgo ^ 2) / 6	0,000107947	0,011391232	0,01591633	0,375751983
(Kurtosis - 3) ^2 /24	0,001169239	0,011154349	0,052984506	11,15751317
LM (Estadístico de Prueba)	0,3167	5,5913	17,0874	2860,25
	-0,01333362	-0,05795580	-0,00744160	-0,00835499
L Estadístico	9,210351036	9,210351036	9,210351036	9,210351036

25/01/2012 – T.FIJA

Resultado = LM < 9,21, luego se acepta la hipótesis de interés

LM = 9,210351036.

22/08/2008 – DTF

Resultado = LM < 9,21, luego se acepta la hipótesis de interés

LM = 9,210351036

09/11/2007 – IPC

Resultado = LM > 9,21, luego **no** se acepta la hipótesis de interés

LM = 9,210351036

25/07/2009 –UVR

Resultado = $LM > 9,21$, luego **no** se acepta la hipótesis de interés

$LM = 9,210351036$

Como podemos observar en las series de los títulos de deuda considerados en la cartera de inversión dos de los cuatro títulos pasaron la prueba de normalidad de las series, lo cual además de no ser convenientes en escenarios de alta turbulencia, es apenas razonable en nuestro entorno ya que las series financieras Colombianas tienden a distribuirse de manera diferente a la normal.

Valoración de Títulos de Deuda

Se valoraron los cuatro títulos de deuda que conforman la cartera de inversiones simulada, (TES–Tasa fija-Indexada), a precios de mercado y se establecieron niveles de exposición al riesgo de mercado con base en la información suministrada por la Superfinanciera con corte a Diciembre de 2005, para la entidad objeto de análisis. Además se consideraron las tasas de descuento, las series de precios para los títulos con estos vencimientos, y los betas para cada título, según las curvas de precios de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), publicado por infoaval.

Los valores nominales de los títulos fueron asignados por el autor asumiendo un criterio de proporcionalidad sobre los niveles de exposición real de esta entidad en inversiones negociables voluntarias en títulos de deuda emitidos por la nación (TES), para el mismo período. Y para efectos de análisis se consideraron tres títulos con tasa indexada TES DTF- 22/08/2008, BONO IPC 09/11/2007, TES UVR 25/07/2009, y un título TES T. FIJA 25/01/2012 – valorando los tasa variable con la DTF del 6.99% para el primer cupón y del 6.14 % E.A los siguientes cupones en

el primer título, el IPC de enero de 2006 correspondiente al 4.6% E.A y una tasa periódica de 2.8558% (cupón), y la Uvr de la fecha de valoración.

Fecha de Corte: Diciembre de 2005

Entidad	Activo	Inversiones Brutas		Negociables En Títulos De Deuda
		Dic-05	Dic-04	
AVVILLAS	3.620.582	1.209.778	1.366.845	\$ 602.244

Posteriormente se calculó la duración de cada título, así como la duración modificada y la del portafolio con el fin de determinar el grado de sensibilidad de los títulos frente a los movimientos en las Principales variables macroeconómicas o bien interpretándolo como los porcentajes de pérdidas o utilidades por un aumento o disminución del 1% en las tasa de interés, dando como resultado los datos relacionados a continuación, lo cual nos lleva a concluir que los títulos que actualmente se están valorando en general no son tan sensibles a los cambios en la tasa de interés o en las principales variables macroeconómica, a excepción del título tasa fija-2012 el cual presenta una duración modificada de 4.33 años.

DURACIÓN				
DÍAS VENCIMIENTO	CLASE DE TÍTULO	VALOR PRESENTE	%	PRECIO SUCIO
2185	25/01/2012 - TES T.FIJA	\$ 233.395.089.638	34,08%	124,15%
934	22/08/2008 - TES DTF	\$ 200.492.777.498	29,28%	117,94%
647	09/11/2007 - BONO IPC	\$ 161.583.890.000	23,60%	111,44%
1271	25/07/2009 - TES UVR	\$ 89.335.711.323	13,05%	116,02%
TOTAL		\$ 684.807.468.458	100%	

DURACION	DP (MODIFICADA)	DURACION DEL PORTAFOLIO
4,66	4,32	1,5886
2,28	2,14	0,6674
1,60	1,50	0,3772
3,16	3,09	0,4122

A continuación se presentan las tablas de valoración de los títulos considerados en el portafolio de inversiones:

TES Comp.Ind. DTF	
Fecha de emision	22/08/2001
Fecha de vencimiento	22/08/2008
Plazo en años	7
Fecha de valoración	31/01/2006
Cupon	DTF + 2.5 % SV
DTF (22-Ago-05) 6.99% EA	4,7635%
DTF (31-Ene-06) 6.14% EA	4,3439%
Nemotecnico	BONOSUPRAS0V
Valor nominal	\$ 170.000.000.000
Precio encontrado	117,937%
Valor en el portafolio	\$ 200.492.777.498
Tasa de Descuento	6,67%

TES completo Ind. IPC	
Fecha de emision	09/11/2005
Fecha de vencimiento	09/11/2007
Plazo en años	2
Fecha de valoración	31/01/2006
Cupon (tasa anual)	IPC + 7%TV-11,92% EA
IPC (Enero-06)	4.6% EA
Tasa Periódica	2,8558%
Nemotecnico	BFT10260412
Valor nominal	\$ 145.000.000.000
Precio encontrado	111,437%
Valor en el portafolio	\$ 161.583.890.000
Tasa de Descuento	6,265%

TES Comp.Tasa Fija	
Fecha de emision	25/01/2000
Fecha de vencimiento	25/01/2012
Plazo en años	12
Fecha de valoración	31/01/2006
Cupon (tasa anual)	13,00%
Nemotecnico	TBFT10260412
Valor nominal	\$ 188.000.000.000
Precio encontrado	0,000%
Valor en el portafolio	\$ 233.395.089.638
Tasa de Descuento	7,83%

TES Indexado a la UVR	
Fecha de emision	25/07/2004
Fecha de vencimiento	25/07/2009
Plazo en años	5
Fecha de valoración	07/02/2006
Cupon	6%
Nemotecnico	TUST05150306
Valor nominal US\$	\$ 77.000.000.000
Precio encontrado	116,02%
Valor en el portafolio	\$ 89.335.711.323
Valor UVR	136,30
Tasa de descuento	2,123%

Fase 2 - Volatilidad

Con el ánimo de capturar esta variabilidad del riesgo, fue conveniente utilizar técnicas que intentan estimar la varianza condicional de una serie de datos, entre los que se destacan los modelos de media móvil y suavizamiento exponencial (tipo específico de garch). Los modelos de media móvil consisten simplemente en calcular la volatilidad corriendo la ventana de tiempo para permitir que ésta varíe a lo largo del tiempo en función de los cambios en los datos históricos. La fórmula general de la volatilidad de los rendimientos, utilizando promedios móviles, este método tiene la desventaja de asignar el mismo peso a las observaciones recientes y a las más alejadas; en la práctica, esto puede acarrear problemas para el cálculo del VeR, porque en ambientes altamente volátiles no se permite capturar la dinámica reciente del mercado. Para permitir que el cálculo de la volatilidad refleje mejor las condiciones actuales de mercado, se han diseñado fórmulas de cálculo de la volatilidad que le asignan más peso a las observaciones recientes.

A diferencia de la especificación anterior, en los modelos EWMA (Exponential Weight Moving Average), base fundamental para el desarrollo del proyecto de investigación, la volatilidad depende de un factor de decaimiento o de suavización llamado Lambda. La elección del Lambda óptimo se hace de acuerdo con el criterio de minimizar el error cuadrático medio, el cual consiste en la diferencia al cuadrado entre la varianza observada y la estimada (véase J.P. Morgan-Reuters, 1996), y la cual se aplica en cada posición en riesgo a través del método RMSE (Root Mean Squared Error), en las series consideradas, determinando el Lambda óptimo que minimiza el error pronosticado de la varianza; El menor RMSE para las cuatro series de títulos considerados en esta investigación se vieron afectadas por las siguientes lambdas según correspondan y en las cuales se resumen sus informes de respuestas respectivos.

TES Completo Tasa Fija-12	L= 0.9939	RMSE = 0.0002
TES Completo Ind. DTF-08	L= 0.9907	RMSE = 0.0002
BONO completo Ind. IPC-07	L= 0.9913	RMSE = 0.0002
TES Indexado a la UVR-09	L= 0.9924	RMSE = 0.0037

Microsoft Excel 10.0 Informe de respuestas			
Hojade cálculo: [MODELO DE RIESGO VAR-TESIS.xls]RMSE 1			
Informe creado: 12/07/2006 04:52:02 a.m.			
Celda objetivo (Mínimo)			
Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$H\$3	RMSE	0,00024677	0,000245910
\$H\$3	RMSE	0,00020483	0,000204836
\$H\$3	RMSE	0,00021769	0,000217686
\$H\$3	RMSE	0,00366309	0,003662699
Celdas cambiantes			
Celda	Nombre	Valor original	Valor final
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,99	0,9939
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,99	0,9906
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,99	0,99125
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,99	0,992378
Restricciones			
Celda	Nombre	Valor de la celda	Fórmula
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,9939	0<\$H\$4<=1
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,9906	<0\$H\$4>=0
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,9912	0<\$H\$4>=0
\$H\$4	LAMBDA OPTIMO	0,9923	0<\$H\$4>=0

Como L es la ponderación que se asigna a las diferentes rentabilidades en función del tiempo, un valor de este parámetro cercano a 1 significa que se le otorga una ponderación más baja a los datos recientes; por el contrario, un Lambda más alejado de 1 significa que los datos presentes tienen mayor preponderancia.

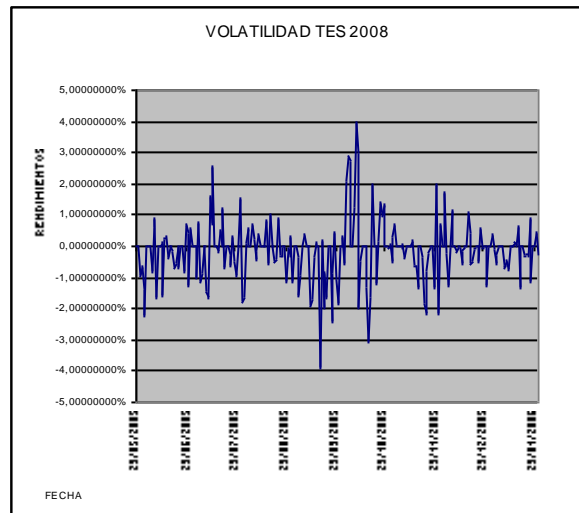
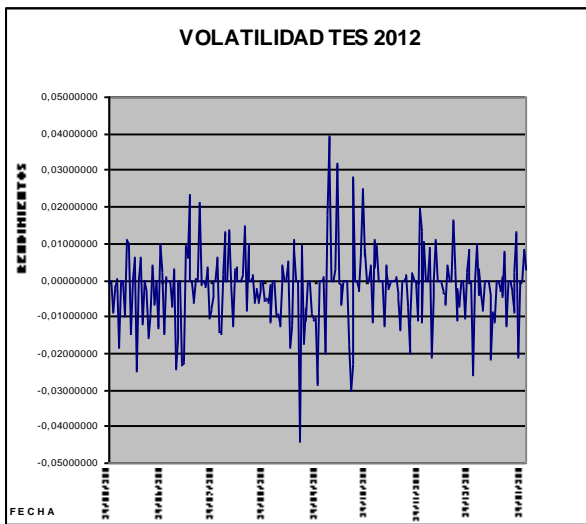
Este tipo de modelo utiliza el factor de decaimiento o suavizamiento denotado como Lambda el cual establece el número de observaciones a considerar para el

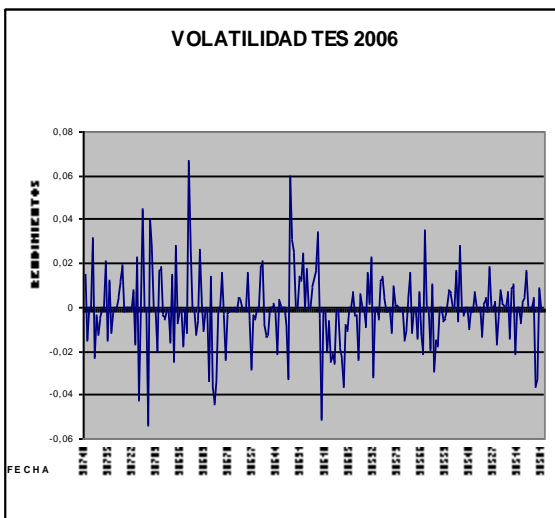
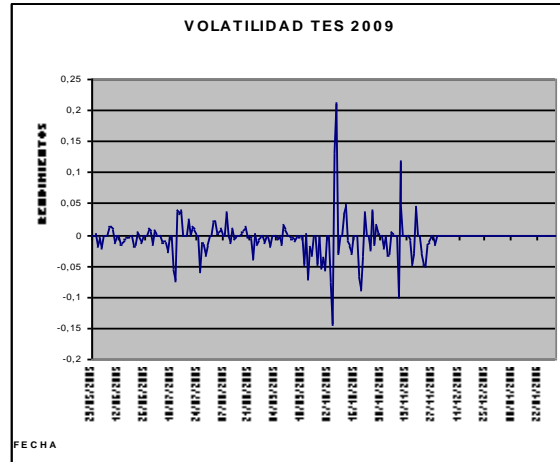
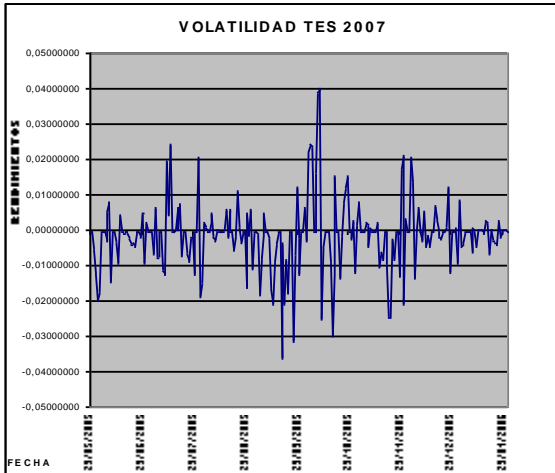
cálculo de la volatilidad: Posteriormente se calcularon las volatilidades de cada serie en forma separada según la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{(1-\lambda)\sum(\lambda^{1-t})(r - m_x)^2}$$

Arrojando los siguientes resultados de volatilidad recursiva, que nos dice cual es la medida de dispersión de los rendimientos con respecto al promedio o la media de los mismos en un período determinado.

NEG. VOLUNTARIAS	TES Completo TasaFija25-Ene12	TES Completo DTF-22-Ago-08	BONO completo IPC 9-Nov-07	TES UVR 25-Jul-09
VOLATILIDAD	0,262%	0,836%	0,846%	2,494%
VOLATILIDAD * i	0,089%	0,119%	0,080%	0,164%





Fase 3 - CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO (VeR)

El riesgo de mercado se puede definir como las posibles pérdidas que pueden producirse en activos financieros que forman parte de carteras de negociación y de inversión, y que están originadas por movimientos adversos de los precios de mercado.

En particular, el riesgo de mercado es aquel que se deriva de cambios en los precios de los activos y pasivos financieros (o volatilidades), y se mide a través de los cambios en el valor de las posiciones.

La forma de estimar el VeR para el desarrollo de este trabajo de investigación abarcó diferentes enfoques, y dependió de los supuestos que se hicieron sobre el comportamiento de las variables de mercado; Dichos supuestos no son sino una manera de emular la forma como las entidades en general y los mismos organismos reguladores crean sus expectativas respecto al comportamiento futuro de las variables financieras.

En nuestro objeto de análisis se consideraron algunas metodologías, actualmente utilizadas por las entidades financieras en Colombia para la medición y control de los riesgos de mercado y en este documento se presenta de manera sencilla el VeR (Valor en Riesgo), de una cartera de activos fijos con tasa fija y flotante para una entidad financiera en Colombia, e igualmente, se desarrollaron estos enfoques para la medición del VeR, dependiendo de los supuestos que se hicieron sobre el comportamiento de las series históricas de los rendimientos de los activos financieros considerados; Entre los enfoques que se utilizaron para el cálculo del VeR, se encuentran los métodos paramétricos con suavizamiento exponencial (EWMA); Métodos No- paramétricos o de simulación histórica; El método de agregación de factores, propuesto por la Superfinanciera y la simulación de Montecarlo. Estos procedimientos se describen a continuación.

a). VeR CON SIMULACIÓN HISTÓRICA

El método de simulación histórica supone que los movimientos adversos esperados en los rendimientos de mercado se basan en el comportamiento histórico observado. El conjunto de posibles valores finales da lugar a una serie de

beneficios y pérdidas de la cartera que puede emplearse para la medición del VeR de un activo, dado un nivel de confianza; Este enfoque no supone ninguna distribución de los datos históricos, de tal manera que no es necesario recurrir a la medición de desviaciones estándar, medias y correlaciones para su utilización; de alguna forma, esta metodología supone que dichos comportamientos ya están incorporados en los datos históricos observados.

En términos sencillos, el método de simulación histórica consistió en la elección de los peores rendimientos observados de los activos (TES) dentro de un horizonte de tiempo (1 día). Y dependiendo del nivel de confianza que en nuestro caso fue del 99 %, se escogió el peor.

Para la medición del VeR no solo en esta metodología sino en todas, se utilizó una ventana⁶ de 250 observaciones, correspondientes a los precios de la posición en riesgo, luego se calcularon las rentabilidades (Pérdidas y ganancias) del precio de los activos financieros que conformaron el portafolio de inversión. A su vez es necesario aclarar que tomamos una cartera conformada por 4 títulos de deuda emitidos por la nación (TES) con tasa fija y flotante.

Posteriormente se calculó una serie de tiempo de precios simulados sumando al precio actual del bono (el cual permaneció constante por tratarse de Valores Absolutos) la rentabilidad hallada; Luego se calculó la serie de tiempo de rendimientos simulados, a partir de los precios hipotéticos y referidos a la observación mas reciente. Y finalmente, se estimó el Valor en Riesgo (VeR) tomando el percentil (en Excel con la opción:Percentile) que está de acuerdo con el nivel de significancia deseado, en nuestro caso utilizamos en el método No-

⁶ El Comité de Basilea recomienda que la ventana de tiempo con datos diarios para el cálculo de la volatilidad anual sea de 250.

paramétrico ambos niveles de confianza (95% y 99%)⁷, para efectos de comparación, y para terminar se multiplicó el valor presente de la posición del activo en el portafolio por el valor en riesgo en pesos para evaluar la exposición real en pesos Colombianos, dando como resultado los siguientes valores en riesgo.

CRECIMIENTOS ABSOLUTOS

	Percentil 0.01	VeR
25-Ene-12	-0,11%	-\$ 246.943.531
22-Ago-08	-0,04%	-\$ 106.577.560
9-Nov-07	-0,26%	-\$ 489.215.606
25-Jul-09	-0,26%	-\$ 489.215.606

Para el empleo de este método se requirió el uso de variaciones históricas diarias, describiendo el comportamiento de los rendimientos diarios de cada uno de los factores de riesgo a los que está expuesto el portafolio desde el 28 de mayo de 2005 hasta el 31 de enero de 2006. Después de obtener las series de rentabilidades históricas, se procedió a calcular el valor de la posición por cada una de éstas, y luego se sumaron los valores afectados de cada una de las posiciones de manera horizontal, arrojando como resultado en Valor en riesgo individual por cada activo financiero relacionado anteriormente.

Una ventaja asociada al uso de este método, es su sencillez, porque elimina la necesidad de complejos cálculos de matrices de varianza-covarianza para carteras con muchos instrumentos y se puede entender sin alta preparación estadística. Aunque cabe resaltar que en nuestro caso se trata de una cartera de

⁷ Los valores que corresponden a $k(\alpha)$ en una normal estándar a diferentes niveles de confianza son los siguientes: para 95%=1,6; 99%=2,3 y 99,9%=3,1.

tan solo 4 títulos de deuda. Ahora bien, este enfoque no supone ninguna distribución de los datos históricos, de tal manera que no es necesario recurrir a la medición de las desviaciones estándar, medias y correlaciones para su utilización; de alguna forma, esta metodología supone que dichos comportamientos ya están incorporados en los datos históricos observados.

b) VeR CON MÉTODOS PARAMÉTRICOS

Mediante este método, se supone que el comportamiento de la rentabilidad asume una distribución de probabilidad dada, de tal manera que se requiere la estimación de parámetros como la varianza o la media; en la práctica, esto implica conocer la distribución de probabilidad que rige el comportamiento de los rendimientos. En muchos casos, como el nuestro, por simplicidad, se supone que la serie de rendimientos histórica se comporta de acuerdo a una distribución normal. De hecho, este enfoque es uno de los más utilizados a nivel internacional a partir de los desarrollos que desde 1994 vienen haciendo J.P. Morgan y Reuters en su modelo RiskMetrics, el cual sirvió de base fundamental para el desarrollo del trabajo de investigación.

En este caso, el VeR es una función de cuatro variables: el valor actual de la cartera (V_0) o capital expuesto; el parámetro k , que depende del nivel de confianza elegido, que para nuestro caso es del 99%, y la volatilidad medida con la desviación estándar (st), o volatilidad recursiva calculada; Además del uso del término (t), que se refiere al horizonte de tiempo estimado (1 día), el cual supone que los rendimientos se distribuyen idéntica e independientemente (i.i.d.), de tal manera que la volatilidad de un período largo puede considerarse la suma de la volatilidad de períodos más cortos. En la práctica, sin embargo, muchos activos

financieros no siguen dicho comportamiento, lo que impone serias restricciones al uso de la varianza incondicional como medida de volatilidad.

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones del VeR por esta metodología agregando las matrices de correlación y la matriz del VeR transpuesta para efectos de calcular el VeR total del portafolio el cual fue de \$1.660.314.364, considerando la relación existente entre ellos (tabla de correlaciones), arrojando en forma independiente los siguientes resultados:

NEG. VOLUNTARIAS	TES Completo TasaFija25-Ene12	TES Completo DTF-22-Ago-08	BONO completo IPC 9-Nov-07	TES UVR 25-Jul-09
VALOR ACTUAL	\$ 233.395.089.638	\$ 200.492.777.498	\$ 161.583.890.000	\$ 89.335.711.323
NIVEL DE CONFIANZA	2,33	2,33	2,33	2,33
2,33	99%	99%	99%	99%
DIAS	1	1	1	1
VAR	-\$ 481.888.384	-\$ 556.368.856	-\$ 299.558.390	-\$ 340.417.956

Tabla de correlaciones

	25-Jul-06	25-Ene-12	22-Ago-08	9-Nov-07	25-Jul-09
25-Jul-06	1	0,8861532	0,942056348	0,968132411	0,914043003
25-Ene-12	0,8861532	1	0,980690763	0,963132629	0,948844733
22-Ago-08	0,942056348	0,980690763	1	0,995747458	0,952449035
9-Nov-07	0,968132411	0,963132629	0,995747458	1	0,94959075
25-Jul-09	0,914043003	0,948844733	0,952449035	0,94959075	1

VeRT Por	1.660.314.364
-----------------	----------------------

En resumen, para el cálculo de este modelo se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Recopilar la serie Histórica de los cuatro títulos y los factores de riesgo.
2. Calcular la variabilidad de cada factor de interés en el tiempo t y en el tiempo $(t-1)$. Esta operación permite determinar el cambio que presentan las observaciones a través de la historia.
3. Se pondera cada una de las observaciones por el valor λ para calcular el promedio de cada factor.
4. Se calcula la desviación estándar o volatilidad de cada factor a través de la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{(1 - \lambda) \sum (\lambda^{(1-t)}) (r - m_x)^2}$$

Como la idea es modelar el riesgo de mercado con un nivel de confianza de 99%, se consideró una distribución multinormal para los factores de riesgo con lo cual se construye un intervalo de confianza para la volatilidad.

Con estas volatilidades calculadas, se estima el valor en riesgo para cada uno de los factores y posiciones que afectan el portafolio de inversiones negociables voluntarias mediante la fórmula:

$$\text{VeR} = V_t * \sigma * t^{1/2} * z_{-\alpha/2}$$

V_t es el valor del portafolio

σ es la desviación estándar del portafolio

t es el tiempo

Z nivel de confianza -percentil de interés bajo el supuesto de normalidad.

El VeR agregado para el total del portafolio se obtiene multiplicando el vector de valores en riesgo por la matriz de correlación de dichos factores y por el vector de valores en riesgo transpuesto el cual se denotará como VeR^T .

Parámetros de entrada del modelo:

Los parámetros del modelo son el factor de decaimiento (λ) el cual está determinado de acuerdo al nivel de tolerancia, el número de observaciones y principalmente por el método de disminución cuadrática de los residuos (RMSE), se valora diariamente el portafolio de inversiones a fin establecer el monto de los recursos expuestos y facilitar el proceso de validación.

Esta aproximación de la volatilidad puede interpretarse, en un contexto financiero, como la predicción que un operador hace de la volatilidad de un instrumento financiero en función del promedio ponderado de un término de largo plazo, la volatilidad observada en períodos anteriores, y la rentabilidad observada en períodos anteriores.

El modelo de RiskMetrics en su texto original utiliza una especificación tipo Ewma (promedio móvil con ponderación exponencial), el cual es un Garch(1,1) pero con las siguientes restricciones: $a_0=0$; $a_1=(1-L)$; $b_1=L$ y $a_1+b_1=1$, donde $L=0,94$ para datos diarios y $L=0,97$ para datos mensuales, a lo cual debe aclarar el autor que en este punto se realizan las estimaciones del λ óptimo para cada serie y no el propuesto en Riskmetrics, para efectos de hacer estimaciones más precisas. Este tipo de modelos son muy utilizados en finanzas porque estiman bastante bien el comportamiento de la volatilidad de precios de los activos financieros.

Otra forma de estimar el VeR es mediante el método de simulación de Montecarlo. Para aplicar este método, es necesario hacer supuestos sobre el comportamiento

de los precios de los activos en los mercados financieros; en este caso, se supone que el cambio en los precios sigue un proceso browniano.

El método de simulación de Montecarlo permite generar una gran cantidad de números aleatorios (escenarios) para la variable $\epsilon_t \sim N[0,1]$, de tal manera que se pueda contar con igual cantidad de precios simulados del activo para diferentes horizontes de tiempo. El uso del término t supone que los rendimientos se distribuyen idéntica e independientemente (i.i.d.), de tal manera que la volatilidad de un período largo puede considerarse la suma de la volatilidad de períodos más cortos⁸. En la práctica, sin embargo, muchos activos financieros no siguen dicho comportamiento, lo que impone serias restricciones al uso de la varianza incondicional como medida de volatilidad. Bollerslev (1987) argumenta que .las propiedades de las distribuciones de los precios especulativos, retornos sobre acciones y tipos de cambio tienen importantes implicaciones para muchos modelos financieros.

Con el ánimo de capturar esta variabilidad del riesgo, se han desarrollado un conjunto de técnicas que intentan estimar la varianza condicional de una serie de datos⁹, entre los que se destacan los modelos de media móvil y los modelos Garch, entre ellos tenemos el método de volatilidad dinámica..

c) VeR CON AGREGACIÓN DE FACTORES

El riesgo de un portafolio no corresponde a la suma de los riesgos de los activos individuales. Para su agregación, es necesario tener en cuenta las correlaciones que existen entre los diferentes factores de riesgo.

⁸ Con rendimientos logarítmicos.

⁹ Condicional porque depende de la información disponible en el momento previo.

En otras palabras, la covarianza entre los activos i y j , es el resultado de multiplicar el factor de correlación lineal por las respectivas desviaciones estándar de los rendimientos individuales. Esta metodología, al permitir capturar la correlación entre los diferentes factores de riesgo, incorpora un efecto de diversificación del riesgo de mercado.

En nuestro trabajo de investigación tomaremos en cuenta la agregación de las correlaciones en los métodos paramétricos de riskmetrics y por el método de agregación de factores utilizado por la superfinanciera.

El modelo estándar establecido por esta Superintendencia para la medición del riesgo de mercado es un modelo de factores, con 13 factores de riesgo definidos por esta entidad, más no por esto las entidades están obligados a limitarse a los mismos y de considerar nuevos factores de riesgo se podrán considerar para el cálculo del Valor en Riesgo.

En este tipo de modelos, si el comportamiento de cada factor de riesgo no depende de los otros factores de riesgo (cero correlación), los valores en riesgo elevados al cuadrado para cada factor se pueden sumar aritméticamente, y el valor en riesgo corresponderá a la raíz cuadrada de esta suma. En el caso contrario, y específicamente en el modelo estándar definido por esta Superintendencia, es necesario agregar los valores en riesgo originados por cada uno de los factores de riesgo con las correlaciones que existen entre cada uno de los instrumentos a través de la metodología que se describe a continuación.

Las correlaciones ayudan a diversificar el riesgo de un portafolio. Por esto se da el nombre de Valor en Riesgo “diversificado” a aquel que se calcula utilizando las correlaciones entre los factores de riesgo.

La correlación entre dos factores de riesgo k y l se calcula como:

$$\rho_{kl} = \frac{\sigma_{kl}}{\sigma_k \sigma_l} \quad (3)$$

donde:

ρ_{kl} :	Coeficiente de correlación entre los factores de riesgo k y l.
σ_{kl} :	Covarianza entre el factor de riesgo k y el factor de riesgo l.
σ_k :	Desviación estándar del factor de riesgo k.
σ_l :	Desviación estándar del factor de riesgo l.

La covarianza puede estimarse a partir de las muestras de los factores de riesgo k y l como:

$$\hat{\sigma}_{kl} = \frac{1}{(T)} \sum (x_{t,k} - \hat{\mu}_k)(x_{t,l} - \hat{\mu}_l) \quad (4)$$

donde:

$\hat{\sigma}_{kl}$:	Covarianza entre el factor de riesgo k y el factor de riesgo l.
$x_{t,k}$:	Ocurrencia del factor de riesgo k.
$x_{t,l}$:	Ocurrencia del factor de riesgo l.
$\hat{\mu}_k$:	Media muestral del factor de riesgo k.
$\hat{\mu}_l$:	Media muestral del factor de riesgo l.

La desviación de un factor se puede estimar a partir de la muestra del factor así:

$$\hat{\sigma}_k = \sqrt{\frac{1}{(T)} \sum (x_{t,k} - \hat{\mu}_k)^2} \quad (5)$$

donde:

$\hat{\sigma}_k$:	Desviación del factor de riesgo k
T:	Tamaño de la muestra.
$x_{t,k}$:	Ocurrencia del factor de riesgo k.

$\hat{\mu}_k$: Media muestral del factor de riesgo k.

Para determinar la volatilidad de las series de los factores de riesgo la Superfinanciera estima periódicamente tablas de Variaciones Máximas Probables y Volatilidades reales para los factores de riesgo considerados y que a continuación se presentan:

CIRCULAR EXTERNA 031 DE 2003 – SUPERFINANCIERA

Tabla 2.a

Código del Factor F	Factor	Período de estudio	Fuente	Procedimiento	Variación 10 días	Variación 1 año	
1	DTF	1984-2003	B.R	Montecarlo	30	126	0,0252%
2	Tasa de Repos	1999-2003	S.B	Montecarlo	348		
3	Tasa Interbancaria	1999-2003	S.B	Montecarlo	135		
4	Tasa Real	2000-2003	S.B	Montecarlo		12.4	
5	Libor	1998-2003	B.R	Lognormal	6.86	41.18	
6	Tasa Crédito Consumo	1999-2003	S.B	Montecarlo	222		
7	Money Market USD	1999-2003	F.L.A.R	Lognormal	12		
8	Tasa de TES	1999-2003	B.V.C.	Lognormal	327	835	0,1670%

Tabla 2.b

Código del Factor	Factor	Período de estudio	Fuente	Procedimiento	Volatilidad 10 días	Volatilidad 1 año	
9	UVR	1993-2003	B.R	Montecarlo		5.7%	0,1140%
10	TRM	1998-2003	S.B	Montecarlo	2.63%		
11	EURO	2000-2003	B.R	Lognormal	5.45%		
12	YEN	1998-2003	B.R	Lognormal	5.18%		
13	IGBC	1994-2003	B.V.C	Lognormal	7.96%	47.79%	

S.B.: Superintendencia Bancaria

B.R.: Banco República

IGBC.: Índice General de la Bolsa de Colombia

FLAR: Fondo Latino Americano de Reserva

B.V.C: Bolsa de Valores de Colombia

Factores de Riesgo

Factor	1	4	8
1	1	0.804	0.678
4	0.804	1	0.499
8	0.678	0.499	1

1. DTF
4. TASA REAL
8. TASA DE TES

Una vez determinada la correlación entre los diferentes factores de riesgo que componen el portafolio, se puede proceder a calcular el VeR diversificado.

El valor en riesgo del portafolio puede estimarse como:

$$\left(VeR_{portafolio} \right)^2 = [V \quad e \quad R]^t \cdot \begin{bmatrix} MC \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V \\ e \\ R \end{bmatrix}$$

$[VeR]^t$: Vector de Valores en Riesgo Transpuesto.

MC: Matriz de Correlaciones

$VeR_{portafolio}$: Valor en Riesgo del portafolio que equivale a $\sqrt{\left(VeR_{portafolio} \right)^2}$.

Esto se puede expresar de la siguiente manera:

- Valor en riesgo por el factor de riesgo 1 (VeR_k) es de -\$ 906.739.804
- Valor en riesgo por el factor de riesgo 4 (VeR_i) es de -\$ 7.842.694
- Valor en riesgo por el factor de riesgo 8 (VeR_i) es de -\$ 236.921.485

- La correlación entre los factores de riesgo 1 y 4 es de 0.804
- La correlación entre los factores de riesgo 1 y 8 es de 0.678
- La correlación entre los factores de riesgo 8 y 4 es de 0.499

En este caso, los valores se compensan a causa de las correlaciones, por lo tanto, el valor en riesgo del portafolio es menor que la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

RENGLÓN	NOMBRE	FACTOR	VeR
POSICIONES ACTIVAS			
015	INV.NEG.R.FIJA TITULOS TES	Tasa TES 10 DIAS	-\$ 906.739.804
020	INV. NEG. RENTA FIJA -EMITIDOS VIGILADAS SUPERBANCARIA	DTF 10 Dias	-\$ 7.842.695
RENGLÓN	NOMBRE	FACTOR UVR	VeR
006	INVERSIONES NEGOCIABLES - EMITIDAS POR LA NACION - TES A TASA FIJA	TASA REAL	-\$ 236.921.485

$$VeR_{portafolio} = \sqrt{\begin{bmatrix} 903.739.804 & 7.842.694 & 236.921.485 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0.804 & 0.678 \\ 0.804 & 1 & 0.1 \\ 0.678 & 0.499 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 903.739.804 \\ 7.842.694 \\ 236.921.485 \end{bmatrix}}$$

$$VeR_{portafolio} = \sqrt{2.756.643.788.182} = -1.151.503.984$$

Por tal razón es necesario que consideremos la matriz de correlaciones semidefinida positiva entre los 13 factores de riesgo considerados por la superfinanciera¹⁰ y que claramente se enumeran en las tablas 1.a y 1.b.

Esta matriz se utilizó para calcular el valor en riesgo de la entidad que debe ser incorporado en el cálculo de la relación de solvencia de conformidad con lo establecido por la Superfinanciera. Esta matriz, al igual que la matriz de variaciones máximas probables, se ajusta cuando menos trimestralmente

¹⁰ www.Superfinanciera.com.co Capítulo xxI- Criterios y procedimientos para la medición de riesgos de mercado- Pag 18

recogiendo los cambios estructurales en la dinámica del mercado y es un reporte periódico por parte de esta entidad, y para efectos hacer las estimaciones correspondientes se consideraron las correlaciones de los tres factores de riesgo incorporados en nuestro portafolio de inversión (DTF, Tasa real y Tasa de TES).

Tercera Fase – Pruebas de Validación

En esta investigación se consideraron las siguientes pruebas de validación de los modelos trabajados:

El Back-testing, y el Stress Testing. En la primera se incluyeron los datos reales de mercado de 7 jornadas que corresponden al período comprendido entre el 1 de febrero de 2006 al 07 de febrero del mismo año y sobre los cuales se presentan la serie de precios relacionada a continuación para efectos de hacer las estimaciones correspondientes y determinar si el modelo aplicado es consecuente con los datos reales o si por el contrario es necesario calibrarlo para hacer estimaciones más precisas del valor en riesgo de la entidad.

El Resultado que nos indica que el modelo de suavizamiento exponencial es estadísticamente significativo al nivel de confianza del 99%, ya que el número de excepciones presentadas fueron de cero, lo cual arroja un indicador de confianza del modelo del 100%.

PRUEBAS DE BACK

FECHA	25-Ene-12	22-Ago-08	9-Nov-07	25-Jul-09
07/02/2006	7,69%	6,30%	6,22%	2,1149%
06/02/2006	7,68%	6,14%	6,23%	2,1161%
05/02/2006	7,75%	6,34%	6,24%	2,1173%
04/02/2006	7,77%	6,30%	6,24%	2,1184%

03/02/2006	7,76%	6,34%	6,24%	2,1196%
02/02/2006	7,76%	6,56%	6,24%	2,1208%
01/02/2006	7,77%	6,67%	6,27%	2,1219%
31/01/2006	7,83%	6,67%	6,26%	2,1231%
30/01/2006	7,81%	6,70%	6,27%	2,1243%

NEGOC. VOLUNTARIAS	25-Jul-06	25-Ene-12	22-Ago-08	9-Nov-07	25-Jul-09	
31/01/2006	-246.774.057	-481.888.384	-556.368.856	-299.558.390	-340.417.956	\$ -1.925.007.643
01/02/2006	-455.481.041	-357.971.662	-1.405.053.065	-781.118.372	-951.523.360	\$ -3.951.147.501
02/02/2006	-441.783.956	-68.086.454	-1.421.952.564	-778.508.865	-947.931.890	\$ -3.658.263.728
03/02/2006	-429.337.263	-6.788.000	-1.514.070.540	-775.002.050	-944.431.037	\$ -3.669.628.889
04/02/2006	-418.287.077	-57.987.590	-1.509.175.017	-770.882.309	-940.595.582	\$ -3.696.927.576
05/02/2006	-406.160.913	-116.186.018	-1.505.572.464	-765.428.724	-937.047.172	\$ -3.730.395.292
06/02/2006	-394.111.199	-408.682.827	-1.577.137.763	-760.525.533	-933.176.581	\$ -4.073.633.903
07/02/2006	-382.521.255	-71.362.674	-1.629.812.185	-757.244.270	-929.658.100	\$ -3.770.598.483
	\$ 100.000.000.000	\$ 233.395.089.638	\$ 200.492.777.498	\$ 161.583.890.000	\$ 89.335.711.323	

	25/01/2012 - TES T.FIJA	Mark-to-market	22-Ago-08	Mark-to-m
31/01/2006	\$ 233.395.089.638		\$ 200.492.777.498	
01/02/2006	\$ 233.732.848.152	\$ 337.758.514	\$ 200.509.585.044	\$ 16.807.546
02/02/2006	\$ 233.684.567.026	-\$ 48.281.126	\$ 200.526.393.999	\$ 16.808.955
03/02/2006	\$ 233.636.295.874	-\$ 48.271.152	\$ 200.543.204.363	\$ 16.810.364
04/02/2006	\$ 233.588.034.692	-\$ 48.261.181	\$ 200.560.016.136	\$ 16.811.773
05/02/2006	\$ 233.539.783.480	-\$ 48.251.212	\$ 200.576.829.319	\$ 16.813.183
06/02/2006	\$ 233.491.542.235	-\$ 48.241.245	\$ 200.593.643.911	\$ 16.814.592
07/02/2006	\$ 233.443.310.955	-\$ 48.231.280	\$ 200.610.459.913	\$ 16.816.002

09-Nov-07	Mark-to-m	25-Jul-09	Mark-to-market	TOTAL
\$ 161.583.890.000		\$ 89.299.724.641		
\$ 161.610.791.508	\$ 26.901.508	\$ 89.304.864.708	\$ 5.140.067	\$ 723.370.866
\$ 161.637.697.495	\$ 26.905.987	\$ 89.310.005.071	\$ 5.140.363	\$ 198.057.754
\$ 161.664.607.962	\$ 26.910.467	\$ 89.315.145.730	\$ 5.140.659	\$ 96.824.368
\$ 161.691.522.909	\$ 26.914.947	\$ 89.320.286.684	\$ 5.140.955	\$ -4.292.596
\$ 161.718.442.337	\$ 26.919.428	\$ 89.325.427.935	\$ 5.141.250	\$ 299.143.062
\$ 161.745.366.246	\$ 26.923.910	\$ 89.330.569.481	\$ 5.141.546	\$ 806.307.638

\$ 161.772.294.638	\$ 26.928.392	\$ 89.335.711.323	\$ 5.141.842	\$ -4.917.789
--------------------	---------------	-------------------	--------------	---------------

Por otra parte, en las pruebas de Stress, se consideraron las variaciones máximas probables y un factor multiplicativo de 2, el cual es muy utilizado por los administradores del riesgo para efectos de establecer necesidades de capital que permitan cubrir las pérdidas ocasionadas por el movimiento en contra de los precios de los activos que forman parte de la cartera de inversiones y se relacionan en los siguientes cuadros.

PRUEBAS DE ESTRÉS				
Títulos	25/01/2012 – EST.FIJA	22/08/2008 -TES DTF	09/11/2007-BONO IPC	25/07/2009-TES UVR
NEGOCIABLES VOLUNT.	-\$ 1.653.792.353	-\$ 1.643.330.532	-\$ 1.614.281.688	-\$ 1.614.281.688
NEGOCIABLES OBLIGAT	-\$ 6.308.296.569	-\$ 6.317.139.755	-\$ 6.375.607.877	-\$ 6.375.607.877
DIPONIBLES XRA VENTA	-\$ 6.625.418.130	-\$ 6.708.320.351	-\$ 6.367.613.474	-\$ 6.367.613.474
HASTA EL VENCIMIENTO	-\$ 1.071.951.867	-\$ 1.067.369.285	-\$ 1.060.047.378	-\$ 1.060.047.378

	NEGOCIABLES VOLUNTARIAS	NEGOCIABLES OBLIGATORIAS	DIPONIBLES PARA LA VENTA	HASTA EL VENCIMIENTO	TOTAL
VeR PATRIMONIO NOV	2,75664E+18 1.660.314.364	4,13653E+19 6.431.588.140	4,54176E+19 6.739.259.295	1,16557E+18 1.079.617.659	15.910.779.458
VeR/PATRIMONIO	302.948.000.000 0,55%	302.948.000.000 2,12%	302.948.000.000 2,22%	302.948.000.000 0,36%	5,25%

CONCLUSIONES

Durante la última década se han desarrollado nuevos métodos de medida y de gestión del riesgo de mercado. Una de estas medidas, conocida como Valor en riesgo (VeR) ha cobrado especial importancia y tiende a convertirse en el patrón a seguir por las instituciones financieras para el control de sus riesgos de mercado.

El enfoque VeR es atractivo porque es fácil de interpretar (el VeR está medido en unidades monetarias) y puede ser utilizado para producir una estimación de la cantidad necesaria de fondos propios para cubrir el riesgo de mercado de las actividades de negociación desarrolladas por las entidades financieras. Además, tiene la ventaja adicional de poder incorporar los efectos de la diversificación de las carteras. En la práctica, las instituciones financieras en Colombia utilizan sus modelos VeR sobre una base diaria y hacen públicos sus resultados. Esta información puede ser muy útil para los reguladores si las cifras de VeR publicadas pudieran ser utilizadas para comparar el nivel de riesgo asumido entre distintas entidades financieras a lo largo del tiempo. Sin embargo, la comparación del nivel de riesgo a través de las cifras del VeR publicadas por éstas son muy difícil de llevar a cabo, debido a que el valor obtenido puede llegar a ser muy diferente dependiendo del enfoque y supuestos utilizados.

Podríamos decir que no existe un conjunto de datos, parámetros, supuestos y metodología que pueda ser aceptada como la única y correcta. Como se puede concluir, no solo se pueden presentar diferencias entre los distintos enfoques analizados, también se pueden encontrar dentro de un mismo enfoque en función de los parámetros seleccionados.

Para ello se estima el VeR a un día de una cartera de inversiones de títulos de renta fija con tasa fijas e indexadas, utilizando distintas especificaciones, mediante el enfoque de suavizamiento exponencial (Riskmetrics), el enfoque de simulación histórica (Crecimientos absolutos), y el método de agregación de factores (superfinanciera).

El propósito de este trabajo es precisamente medir el VeR de una determinada cartera y validar su consistencia a través de pruebas de validación como el Back-Testing y el Stress-Testing, además evaluar si éste resultado es altamente dependiente de la metodología utilizada, así como del conjunto de datos y parámetros seleccionados para su estimación.

Al finalizar este proyecto de investigación, se hallaron los valores distintos del VeR a un día para un portafolio de inversión de renta fija, con tasas fijas e indexadas, considerando cuatro títulos de deuda, con valores nominales proporcionales al nivel de las inversiones hechas por la entidad objeto de análisis en el año 2005, (según publicación de la superfinanciera). Los valores obtenidos están basados en diferentes especificaciones y metodologías, luego, el cálculo del mismo se ve sujeto a los distintos enfoques y supuestos incluidos en estas metodologías.

Inicialmente se hicieron análisis de series para determinar si éstos datos están distribuidos normalmente, y luego afirmamos que se asume para el cálculo del VeR una distribución multinormal en las series de precios. Posteriormente se modelaron las volatilidades de las series consideradas a través del método de suavizamiento exponencial EWMA, (caso específico GARCH), el cual arrojó un resultado excelente, en cuanto a eficiencia se trata. Luego se valoraron los títulos de renta fija incluidos en el portafolio, con tasa fija e Indexada a precios de mercado según lineamientos anteriormente señalados y por último se calculó el Valor en Riesgo a través de las diferentes metodologías como (métodos

Paramétricos, No-Paramétricos o de simulación Histórica), Finalmente, y dado que el VeR no recoge otras muchas variables de riesgo (riesgo político, riesgo de liquidez, riesgo legal y otros), se hace prácticamente imprescindible completar la información proporcionada por el VeR con técnicas de evaluación de los modelos (*Back Testing*). Realizando estas pruebas se determinó el grado de confianza de las estimaciones del VeR. De igual forma se incluyen medidas o técnicas de simulación en situaciones extremas (*Stress Testing*), para evaluar la exposición de las inversiones ante escenarios de turbulencias así como la implantación de procedimientos y controles apropiados en la gestión del riesgo de mercado.

El análisis realizado indica, en general, un buen comportamiento de los modelos de suavizamiento exponencial, aunque para un nivel de confianza del 99%, fue aún más significativo que las demás trabajadas no siendo necesario calibrarlo, pues el número de excepciones o resultados diarios en el portafolio que superaran el Valor en Riesgo calculado, para 7 jornadas consideradas, fue de cero y por tanto la eficiencia del modelo fue del 100%, luego el modelo de suavizamiento exponencial predice de forma fiable el riesgo de las mismas posiciones. Precisamente, casi todos los modelos basados en el enfoque de varianzas-covarianzas tienden a sobrestimar ligeramente el riesgo de las posiciones en renta fija, lo cual es ampliamente aceptado en el ámbito empresarial.

En general las metodologías propuestas fueron significativas incluido los modelos de simulación histórica en los cuales funciona bastante bien en carteras de renta fija. Con este nivel de confianza utilizado, prácticamente todos los modelos estiman razonablemente bien el riesgo de posiciones exclusivas en renta fija. Independientemente de estas conclusiones generales, los resultados muestran diferencias en cada uno de los enfoques analizados en función de los parámetros utilizados para su estimación. Por ejemplo, para valorar el riesgo de posiciones en renta fija con un nivel de confianza del 99%, la utilización del enfoque de

simulación histórica con una ventana de datos de 250 días da lugar a que el modelo subestime de forma importante el riesgo de dichas posiciones, a lo cual se podría bien hacer necesario considerar un número mayor de observaciones. Resultados similares se pueden observar en el método de agregación para el mismo nivel de confianza.

Estos resultados sitúan a los reguladores y a los usuarios en una situación comprometida debido a que puede crear una falsa sensación de seguridad si se otorga a la cifra proporcionada por el modelo una confianza absoluta. Sin embargo, el VeR no puede ser interpretado como una certeza o un nivel de confianza sobre los resultados de una determinada cartera, sino que en realidad es una expectativa sobre dichos resultados, basada en un conjunto de supuestos muy determinados. En el ámbito regulador, estas diferencias impiden la comparación entre las cifras del VeR publicadas por las distintas entidades financieras si todas ellas están basadas en distintas metodologías y supuestos. Sin embargo, en el ámbito interno, el VaR puede ser una herramienta útil en la gestión interna del riesgo que puede permitir la comparación entre el riesgo asumido por las distintas mesas de negociación de una entidad financiera y en las distintas categorías de activos, siempre y cuando, la entidad utilice la misma metodología y supuestos para estimar el VeR.

Las posiciones en los activos se movieron como era de esperarse en función de los cambios que experimentaron los factores de mercado como las tasas de interés, la inflación, etc. El valor en riesgo (VeR) simplemente consistió en determinar la diferencia entre el valor que se obtuvo para el nivel determinado de confianza (99%), en la distribución de probabilidad esperada en un horizonte de tiempo futuro t que se definió como 1 día, y el valor del activo hoy, (V_0). Así las cosas, el VeR se expresó de manera sencilla como la pérdida máxima potencial, según su distribución de probabilidad prevista, y el valor actual de la cartera.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ DE LARA, alfonso. 2001. *Medición y Control de Riesgos financieros*. Tercera Edición. México D.C: Editorial Limusa, 2004.183 P.
- ✚ J.P. Morgan and Company. *Riskmetrics*. Documento técnico. New York: J.P. Morgan 1996.
- ✚ JORION, Philippe. *Value at risk: the new benchmark for controlling market risk*. Irwin. 1996
- ✚ MENENDEZ CARRILLO, santiago. *Nuevos Retos en la Medición del Riesgo de Mercado*. Publicación número 72. Perspectivas del Sistema Financiero.
- ✚ VILARIÑO SANZ, ángel. *Turbulencias Financieras y Riesgos de Mercado*. Madrid: Editorial Pearson, 2001. 300P.
- ✚ Documentos informativos Web: superintendencia financiera, (www.superfinanciera.gov.co), banco de la república de Colombia, (www.banrep.gov.co), bolsa de Valores de Colombia (www.bvc.com.co), Corfinsura, (www.corfinsura.com.co), revista dinero, (www.dinero.com.co)