

Herramienta para el cálculo del Valor en Riesgo paramétrico en una aseguradora colombiana

Mateo Bedoya Caro

Universidad EAFIT

V - MMXVIII

Presentado como requisito de grado para optar al título de **ECONOMISTA**

Asesor:

Diana Sánchez Aristizábal

Fund Administration Director – BTG Pactual

Economista – Universidad EAFIT

Especialista en Finanzas – Universidad EAFIT

Escuela de Economía y Finanzas

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

MMXVIII

Tabla de contenido

1. Introducción y planteamiento del problema	5
<i>BTG Pactual: Una oportunidad para reinventarse</i>	5
Gráfico 1. Historia y evolución de BTG Pactual.....	6
<i>Origen de la Banca Moderna [Basado en (Irwin, 2013)]</i>	7
Gráfico 2. Historia y evolución de los bancos modernos.....	10
2. Pregunta de Investigación	11
3. Objetivos	11
3.1. Objetivo General	11
3.2. Objetivos Específicos	12
4. Justificación.....	12
5. Marco teórico y antecedentes del problema.....	13
5.1. Marco Teórico	13
5.1.1. Simulación Montecarlo estructurada.....	13
Gráfico 3. Simulación Montecarlo estructurada para precios	14
5.1.2. VaR Histórico.....	15
5.1.3. VaR Paramétrico	16
Gráfico 4. VaR paramétrico para un nivel de confianza de 95%	18
5.1.3.1. Limitantes del VaR Paramétrico.....	18
Gráfico 5. Función de densidad de una distribución <i>t-student</i> con diferentes grados de libertad.....	20
5.2. Antecedentes del problema.....	21
5.3. Planteamiento de la hipótesis.....	22
6. Metodología.....	23

Tabla 1. Clasificación de Nemotécnicos.....	25
7. Resultados obtenidos	26
8. Conclusiones.....	28
Bibliografía.....	30
Apéndice.....	32
Anexo 1. Metodología de Nelson y Siegel (1987).	32
Anexo 2. Portal Web desarrollado en la intranet del banco.	35
Anexo 3. Reporte Final	36

1. Introducción y planteamiento del problema

BTG Pactual: Una oportunidad para reinventarse

BTG Pactual es el banco de inversión más grande de América Latina, con presencia en más de 30 países, especializado en los servicios de *Asset Management*, *Wealth Management* e *Investment Banking*. Es el sucesor de Banco Pactual, un exitoso banco de inversión brasilero fundado en 1983 como una empresa privada y vendido a UBS por aproximadamente \$3.1 billones de dólares en 2006.

Luego de la crisis financiera en el 2008, Andre Esteves, quien era el presidente a cargo a la hora de vender Banco Pactual a UBS, volvió a comprar la compañía, esta vez por 2.4 billones de dólares, renombrándolo BTG Pactual.

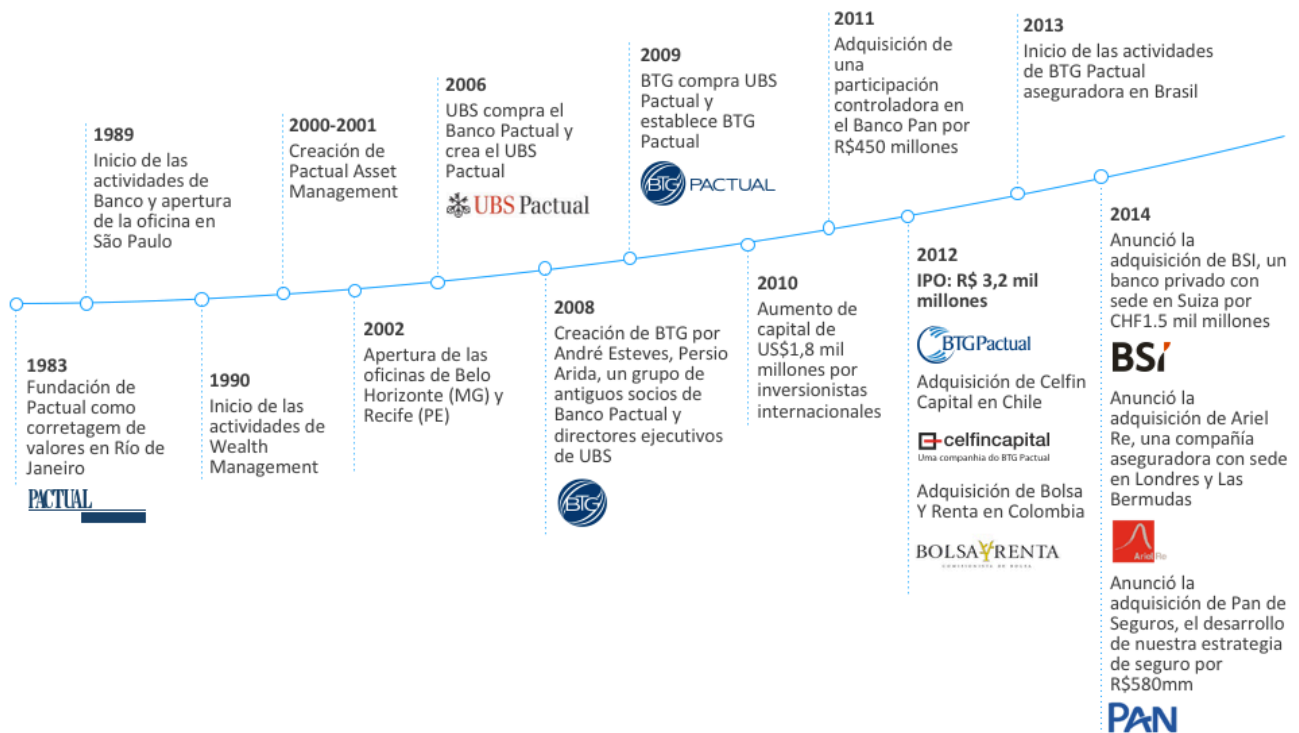
En 2015, a raíz de la puesta en marcha de la operación *lava jato* en Brasil, Esteves fue puesto en prisión, situación que llevaría al banco a una completa reestructuración, poniéndolo al frente de una compleja situación de pánico financiero, falta de liquidez y liquidación de inversiones en todos los países donde hacía presencia.

Colombia no fue la excepción, y luego del arresto de Esteves el 25 de noviembre de 2015, la gran mayoría de inversionistas institucionales decidieron liquidar todas sus posiciones en la compañía, generando una salida masiva de recursos y una pérdida de valor para la empresa.

Sin embargo, gracias a la rápida respuesta de sus directivos y a la reingeniería interna para hacer frente a esta situación, la compañía logró salir airoso, por supuesto con muchos inconvenientes y situaciones difíciles, además de la pérdida de muchos clientes

y empleados, pero siempre con la frente en alto y teniendo como base la cultura de meritocracia y trabajo duro que la caracterizan.

Gráfico 1. Historia y evolución de BTG Pactual



Elaboración Propia - Fuente: BTG Pactual AM

Luego de que la corte absolviera a Esteves en Brasil y que la actividad del banco volviera a su normalidad, el direccionamiento estratégico de la compañía se volcó a volver a conseguir aquellos clientes institucionales que había perdido, enfocándose en fondos de pensiones y cesantías, aseguradoras y *family offices*.

Así, se planteó desarrollar una herramienta que pudiera generar un valor agregado al portafolio que se le ofrecía a dicho nicho de mercado, bajo esta premisa, surgió el trabajo aquí presente.

Antes de entrar en materia, vale la pena estudiar cronológicamente cómo las instituciones financieras llegaron a ser lo que son hoy en día, increíbles colosos que controlan y dictaminan el orden mundial, involucrándose en el día a día de todos los agentes que conformamos la civilización del siglo XXI.

Origen de la Banca Moderna [Basado en (Irwin, 2013)]

“Cuando una persona privada empieza a poseer un buen montón de billetes de banco, pronto caerá en la cuenta de qué está confiando mucho en el banquero y que, a cambio, no está ganando nada. Corre el riesgo de sufrir pérdidas o robos de la misma manera que si estuviera guardando una moneda. Ya no correría más este riesgo por la quiebra del banco si hiciera un depósito en él, y estaría libre del riesgo de guardar el dinero en efectivo. [...] La mayoría de gente tiene un deseo tan grande de ver su dinero que, durante algún tiempo, siguen acumulando billetes del banco [...] Pero al final, se impone el sentido común” (Bagehot, 1873)

De esta manera describió Walter Bagehot, en la Inglaterra del siglo XIX, la actividad bancaria y el uso del dinero en la economía clásica por excelencia, precursora del sistema capitalista que cobija hoy al mundo, o al menos a la parte más sensata, que ha generado un desarrollo sin precedentes en la historia de la humanidad, llevando la productividad del capital físico y humano a su máximo esplendor durante los últimos 200 años.

Así es como todo comienza: de una manera más ilustrativa pero menos brillante a la descripción de Bagehot, los bancos o *instituciones financieras* (eufemismo que le gusta

utilizar al autor para marginar el posible efecto de una mala reputación de la palabra *banco* a través de los diferentes años) se han encargado de lubricar todo el sistema económico moderno, canalizando recursos y generando ahorro de personas con exceso de liquidez hacia individuos que necesitan llevar a cabo sus proyectos de inversión u ocio, a cambio de un margen de intermediación, generando un flujo circular de recursos y garantizando la puesta en marcha o sostenimiento de familias y empresas, ambos pilares de la sociedad y del capitalismo.

Hasta el momento, todo es muy idílico; ahorradores, inversionistas, un pequeño margen y *voilà*, tenemos un sistema de ensueño donde a cada uno se le asigna lo que trabaja y es capaz de crear, pero ¿por qué no es así?, ¿por qué las instituciones financieras gozan de una mala reputación? En este punto, vale la pena sacar a colación a Johan Palmstruch, letón, criado en Holanda y residente en Suecia – una interesante combinación - causante de quizás la primera crisis financiera de la cual se tenga registro.

Corría el siglo XVII en el país escandinavo y el rey Gustavo II Adolfo se veía ralentizado por el florecimiento del comercio y la banca en Ámsterdam y Hamburgo, dado que su moneda, el dólar sueco, no tenía la velocidad de circulación esperada y su economía se veía rezagada frente a otras ciudades de la Europa continental.

Para mitigar esto, contrató a Johan Palmstruch para que se encargara de su banco central, éste, ingeniosamente, tomando como enseñanza su propia experiencia en Holanda y otros países, introdujo dos nuevas innovaciones para la época: primero, recolectó la riqueza circulante del momento (principalmente placas de cobre) de los comerciantes en su banco, el *Stockholms Bank*, a cambio de un billete como recibo. Además, recibía también depósitos a la vista, dichos recursos los prestaba y así generaba una rentabilidad para él y sus clientes.

Sin embargo, al cabo de un tiempo, Palmstruch empezó a experimentar un pequeño problema: sus depositantes reclamaban sus recursos más rápido que lo que sus prestatarios lo devolvían, por ende, sufría un problema de liquidez.

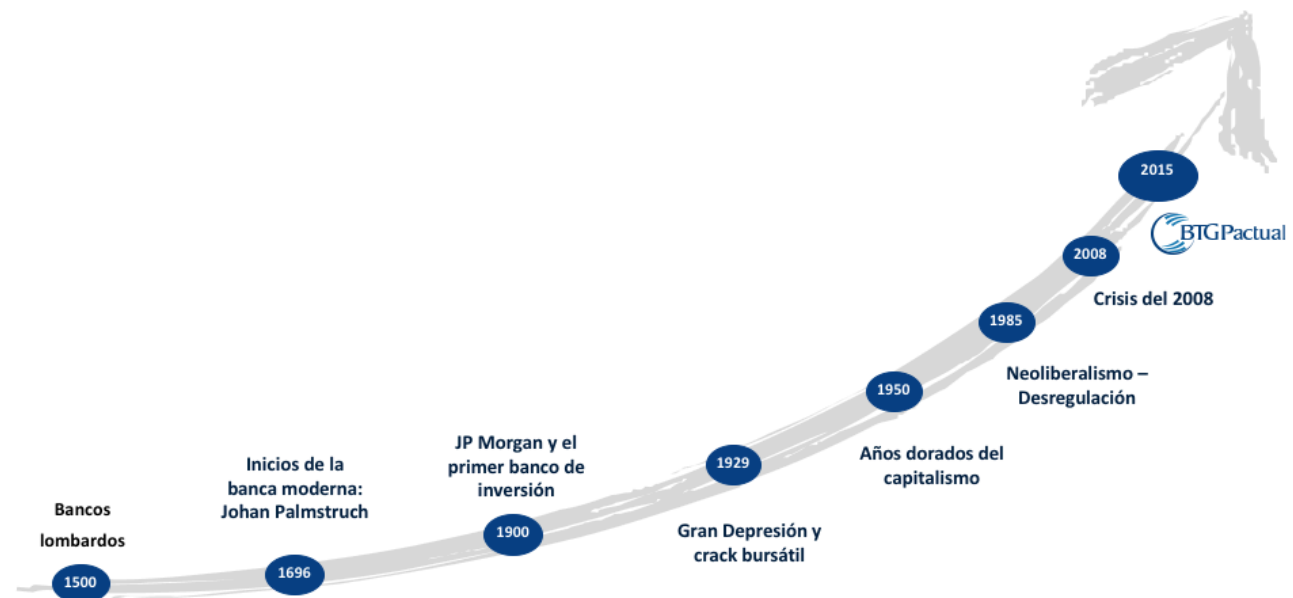
Creativamente, creó los *Kreditivsedlar*, billetes de banco que podrían ser intercambiados por cobre, plata u oro en cualquier momento.

Aparentemente, el problema estaba solucionado, sin embargo, lo que no previó, fue que generó mucho más circulante del que la oferta de la economía podía resistir; el final, cualquier persona que tenga un instinto económico lo puede intuir: inflación, pérdida del valor adquisitivo de la moneda, diezmo de los ahorros personales de los suecos: caos económico.

Quizás esta historia nos suene familiar, puesto que la hemos escuchado cientos de veces, sin embargo, como insinúa Karl Marx en una de sus obras más conocida *El Manifiesto Comunista*, “*La historia se repite, la primera vez como tragedia, y la segunda, como elección*” (Marx & Engels, 1848) y hoy, cerca de 350 años después, existen muchos Palmstruch merodeando e interviniendo la riqueza de muchos ciudadanos infortunados.

Y bien, a la hora de hablar de un sistema capitalista y neoliberal, es menester pensar en los bancos: aquellas instituciones amadas por unos (generalmente por sus accionistas) y odiadas por otros, que nos han acompañado a través de toda la historia de la civilización moderna; los Medici en la idílica Florencia del siglo XV, Johan Palmstruch y la peripecia ya mencionada, el mismo Walter Bagehot y su “*dictum* de Bahegot”, Hjalmar Schacht y Montagu Norman; presidente del Reichsbank alemán y gobernador del Banco de Inglaterra respectivamente; quienes con sus decisiones marcaron una de las épocas más difíciles para el sistema económico moderno en aquel fatídico 29 de octubre de 1929, Bretton Woods, Arthur Burns, Paul Volcker, el Tratado de Maastrich, Ben Bernanke y todos aquellos nombres que sin duda han influido hitos en la cronología económica, y que han marcado paradigmas que han llevado a sortear las revoloteadas mareas del quehacer económico y financiero.

Gráfico 2. Historia y evolución de los bancos modernos.



Elaboración Propia

Colombia no ha sido la excepción, coyunturas como la de Foncolpuertos, DMG, Interbolsa, Estraval, entre otras, han minado la confianza de los inversionistas en el sistema financiero local, dificultando cada vez más el desarrollo y promoción de nuevas innovaciones financieras, rezagando el país en materia económica frente a sus pares.

Luego de esta lección histórica, vale la pena preguntarse: ¿por qué la gente sigue entonces confiando en dichas instituciones? La respuesta es más simple que la introducción a este documento: quieren incrementar su capital, obtener una rentabilidad a cambio de tiempo y riesgo.

El tiempo es exógeno y al menos hasta hoy, no podemos controlarlo. ¿Qué hay del riesgo? ¿existe una manera de mitigarlo? ¿minimizarlo? O al menos, ¿conocerlo?

Este documento busca, a través de una herramienta para el cálculo del riesgo, proteger a los inversionistas incautos de los Johan Palmstruch de la modernidad, dándoles una herramienta que les permita conocer los riesgos a los cuales se exponen a la hora de invertir en activos financieros susceptibles a las fluctuaciones de los precios en el mercado.

2. Pregunta de Investigación

El propósito de este documento es determinar el riesgo de un portafolio de inversión, para ello, es menester partir del punto de vista de quienes hacen la inversión, pues, al fin y al cabo, son quienes determinan el propósito de los excedentes de liquidez que poseen, por ende, a la hora de invertir en un portafolio diversificado, ¿cuál es y cómo se puede diagnosticar la pérdida máxima a la cual estaría expuesto un inversionista promedio?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Identificar el riesgo de un portafolio conformado por activos de diferente naturaleza (renta fija, renta variable, fondos de inversión, entre otros) mediante la creación de una herramienta de cálculo estadística, parametrizable y segura para el cliente final, determinando cuál es la pérdida máxima a la cual un inversionista está expuesto y analizando sus respectivos impactos económicos.

3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar la metodología de Valor en Riesgo paramétrico para calcular el riesgo implícito en un portafolio de una aseguradora colombiana a través un paquete estadístico.
- Crear una herramienta parametrizable de acuerdo con las necesidades del usuario final, tales como fecha del portafolio, días de exposición, nivel de confianza, entre otros.
- Diseñar una plataforma web que permita acceder de una manera segura y confidencial a los cálculos generados, mediante la encriptación de la información.
- Identificar los impactos económicos para diferentes tipos de inversionistas que acarrea la fluctuación de los diferentes precios que se forman en el mercado de valores.

4. Justificación

Para lograr mitigar el riesgo, el gobierno local y las instituciones financieras deben seguir estrictos protocolos internacionales para intentar reducir la incertidumbre que sufren los inversionistas al exponer sus títulos a las fluctuaciones del mercado. Desde el punto de vista de las entidades financieras, este camino se encuentra reglamentado por el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero.

Este documento se justifica de una manera metodológica, debido a que es una propuesta para la ejecución de un modelo estadístico de cálculo y gestión del Valor en Riesgo. Además, se justifica de una manera práctica en la medida que se aplique y comercialice con distintos usuarios interesados en adquirir dichos servicios.

5. Marco teórico y antecedentes del problema

5.1. Marco Teórico

De acuerdo con Jorion (2006), el Valor en Riesgo (VaR) es una medida estadística del riesgo que define la mayor pérdida esperada de un portafolio en un horizonte de tiempo en el que existe una pequeña pero especificada probabilidad de que esta pérdida sea mayor.

Las tres metodologías más conocidas para el cálculo del VaR son: histórica, simulación Montecarlo estructurado y paramétrica. A continuación, se definirán cada una de ellas.

5.1.1. Simulación Montecarlo estructurada

Este método incluye técnicas de métodos robustos de estimación (asume que la matriz de varianzas y covarianzas está afectada por una varianza no constante).

De acuerdo con Jorion (2006), la metodología Montecarlo estructurada tiene como objetivo simular aleatoria y simultáneamente cualquier variable financiera de interés en un número determinado de escenarios posibles, asumiendo una distribución de probabilidad (se determina escogiendo un modelo estocástico particular) y la función de análisis y sus parámetros.

Por ejemplo, a la hora de determinar un modelo estocástico para el comportamiento de los precios de un activo, se utiliza generalmente la teoría de movimiento browniano geométrico, conocido por ser un proceso estocástico de tiempo continuo, que asume que el cambio de los precios de un periodo de tiempo al siguiente no está relacionado con el nivel de precios ni con el mismo precio en el periodo anterior, es decir, no existe correlación entre los diferentes periodos de tiempo ni en los choques estocásticos del nivel inflacionario.

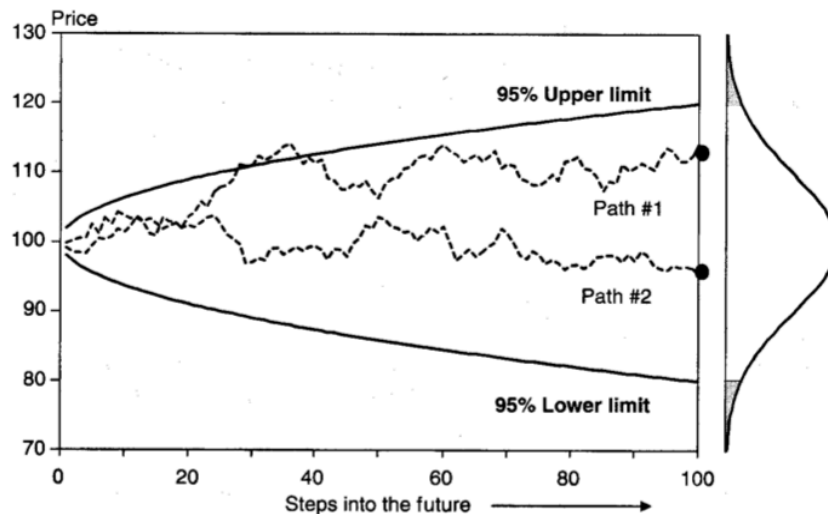
Por ende, los cambios en los precios estarían determinados por:

$$dS_t = \mu_t S_t d_t + \sigma_t S_t d_z$$

Siendo d_z una variable aleatoria distribuida normal con media $\mu = 0$ y varianza $\sigma = d_t$. Esta variable absorbe todos los choques aleatorios de los precios y no depende de la información de periodos anteriores. Es browniano en el sentido que la varianza decrece a lo largo del tiempo; es geométrico en el sentido que todos los parámetros están escalados por los precios actuales S_t .

En el gráfico 3 se puede evidenciar una simulación Montecarlo estructurada para precios; partiendo de un valor de 100, el precio puede asumir una distribución normal con media 100 y desviación estándar de 10. Esta distribución se evidencia en la parte derecha del gráfico, con un nivel de confianza del 95%, los intervalos corresponden a dos desviaciones estándar (80 y 120).

Gráfico 3. Simulación Montecarlo estructurada para precios



Fuente: Jorion (2006)

5.1.2. VaR Histórico

La simulación histórica es un método no paramétrico que no asume una distribución específica para los datos. Consiste en tomar datos históricos y de acuerdo con ello simular las posibles distribuciones que pueden tomar los retornos de los activos que componen el respectivo portafolio.

En el caso más simple, este método pondera los rendimientos históricos del portafolio:

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^n \omega_{i,t} R_{p,k} \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Nótese que esta metodología usa la distribución del momento en que se recolectan los datos: Cada escenario k está dado por el histórico de las t observaciones. Este método usa una valoración absoluta, pues toma valores hipotéticos para los factores de riesgo, los cuales son obtenidos aplicando los cambios históricos a los precios actuales:

$$S^*_{i,k} = S_{i,0} + \Delta S_{i,k} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Un nuevo portafolio $V^*_{p,k}$ se calcula por todos los nuevos precios obtenidos, incluso incluyendo relaciones no lineales $V^*_k = V(S^*_{i,k})$. Para calcular los factores de riesgo, incluye implícitamente las volatilidades de los precios, lo que crea un retorno hipotético para cada simulación k :

$$R_{p,k} = \frac{V^*_k - V_0}{V_0}$$

Aquí se obtiene el VaR de la distribución entera de retornos hipotéticos asumiendo la misma ponderación de activos durante el periodo t . Debido a que esta metodología no asume ningún tipo de distribución de los factores de riesgo, es llamada no paramétrica.

5.1.3. VaR Paramétrico

La estimación del VaR a través de esta metodología asume que los datos tienen una distribución paramétrica conocida, en este caso, una distribución normal estandarizada (con media μ igual a 0 y desviación estándar σ igual a 1). En este caso, el VaR se puede determinar directamente de la desviación estándar del portafolio usando un factor multiplicativo que depende del nivel de confianza.

Esta metodología se denomina paramétrica porque se deben estimar parámetros muestrales y hacer inferencia estadística para determinar los poblacionales.

Asumiendo entonces que los rendimientos tienen una distribución normal e idénticamente distribuida (i.d.d.), los rendimientos esperados y la varianza para un portafolio de n activos son:

$$E[R_p] = \omega' E[R]$$
$$\sigma_p^2 = \omega' \sum_{i=1}^n \omega$$

Donde ω' es un vector columna que contiene la ponderación de cada activo en el portafolio y define la matriz de varianzas y covarianzas para los retornos de los n activos.

De acuerdo con Díaz Roldan, Triana Morales, & Zuluaga Zapata (2015), la desviación estándar de un portafolio conformado por n activos está determinado por la siguiente ecuación:

$$\sigma_p = \sqrt{\omega_1^2 \sigma_1^2 + \omega_2^2 \sigma_2^2 + \dots + \omega_i^2 \sigma_i^2 + 2\omega_1 \omega_2 \sigma_{12} + \dots + 2\omega_i \omega_j \sigma_{ij}}$$

Donde:

σ_{ij} : Es la covarianza de los activos i y j .

ω : Corresponde a la ponderación de los activos en el portafolio.

Matricialmente, la desviación estándar del portafolio se puede representar de la siguiente manera:

$$\sigma_p = \sqrt{\begin{bmatrix} \omega_1 & \omega_2 & \omega_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{1i} \\ \sigma_{21} & \sigma_1^2 & \sigma_{2i} \\ \sigma_{i1} & \sigma_{i2} & \sigma_1^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_i \end{bmatrix}}$$

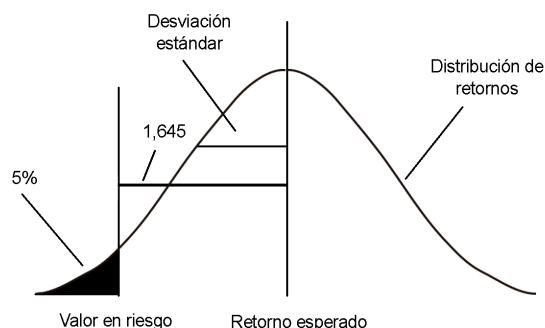
El procedimiento para calcular el VaR partiría entonces definiendo la matriz de varianzas con la base histórica de los retornos y la matriz de covarianzas con las correlaciones, usando al menos un horizonte de tiempo de dos años.

Una vez se tenga la ponderación de los instrumentos, se puede proceder a calcular el VaR para el portafolio especificado considerando un nivel de significancia α :

$$VaR_p = \alpha \sqrt{\omega' \sum_{i=1}^n \sigma_p^2 * \sqrt{\Delta t}}$$

Determinando a un nivel de confianza en un respectivo periodo de tiempo, la pérdida máxima a la cual estaría expuesto un portafolio de n activos.

Gráfico 4. VaR paramétrico para un nivel de confianza de 95%



Fuente: Díaz Roldan, Triana Morales, & Zuluaga Zapata (2015)

5.1.3.1. Limitantes del VaR Paramétrico

Si bien el VaR paramétrico descrito en el literal anterior es la metodología más popular en el mundo financiero para cuantificar el riesgo de portafolios de inversión, una de las críticas más fundamentadas y documentadas de este modelo es el axioma que los rendimientos siguen una función de distribución normal. A continuación, se profundizará un poco más en este axioma, planteando alternativas de mitigar este fuerte supuesto.

Ming Chen (2016) plantea que la modelación del VaR, al igual que muchas otras aplicaciones estadísticas, supone una distribución normal para sus cálculos derivados, lo que desencadena una contradicción contra los hechos empíricos, puesto que en la mayoría de estudios estadísticos y econométricos de precios en mercados financieros desarrollados y en vía de desarrollo, no se ha probado satisfactoriamente que los rendimientos siguen una distribución normal, lo que significa que el cálculo del VaR se encuentra sesgado y los analistas están incurriendo en riesgo de cola, especialmente en auges económicos o crisis financieras, donde los rendimientos distribuyen más allá de dos o tres desviaciones estándar de la media de largo plazo.

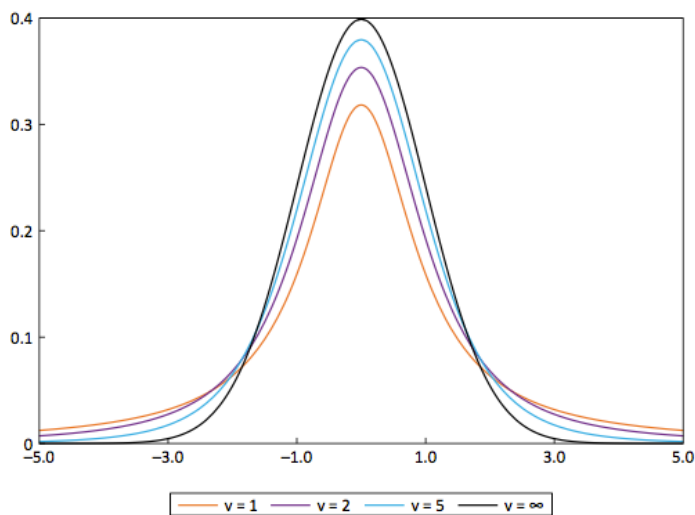
Para mitigar el riesgo de cola, Jorion (2006) propone, en lugar de asumir que los rendimientos distribuyen normal, utilizar una función de probabilidad *t-student* con seis grados de libertad (argumentando que, con seis grados de libertad, la distribución tendría colas más pesadas, es decir, se alcanzaría a captar más información de los valores extremos), sin embargo, Ming Chen (2016) plantea que los grados de libertad deben ser determinados por el nivel de curtosis observado.

Ming Chen (2016) plantea dos importantes ventajas de calcular el VaR asumiendo una distribución de los rendimientos *t-student*, que se mencionaran a continuación:

→ **Similitud.** Ambas funciones son simétricas y asumen una media igual a cero, sin embargo, la distribución *t-student* permite modelar funciones asimétricas, llevando el cálculo del VaR a una realidad que se asemeja más a los mercados financieros modernos.

→ **Nivel de curtosis.** Las colas de la distribución *t-student* comparadas con las de la distribución normal, son más pesadas, lo que permite tener un cálculo más acertado de los intervalos de confianza, además, los grados de libertad permiten determinar el nivel de curtosis de la distribución. El gráfico 5 muestra que a medida que se aumentan los grados de libertad del cálculo, la función de distribución tiende a ser más mesocúrticas con colas más pesadas, incluyendo datos inclusive a 5 desviaciones estándar de la media tomada.

Gráfico 5. Función de densidad de una distribución *t-student* con diferentes grados de libertad



Fuente: Ming Chen (2016)

Morales, Aparecida do Nascimento Rebelatto, & Sartoris (2013) debaten también la fragilidad del supuesto de normalidad en el cálculo del VaR y plantean una metodología de VaR paramétrico basado en pruebas de bondad de ajuste utilizando una función de distribución empírica para rendimientos extremos (se calcula una función real de los rendimientos muestrales donde a cada muestra se le asigna la frecuencia relativa muestral acumulada, lo que permite obtener la función de distribución poblacional a medida que se aumenta el tamaño de la muestra), comparando los resultados ajustados a la factibilidad de este modelo en un mercado emergente y uno desarrollado, concluyendo que, una vez se incluyen modelos de volatilidad estocástica (no constante), los resultados obtenidos para una muestra de rendimientos durante la crisis del 2008 para ambas tipologías de país (después de realizar *backtesting*), son fidedignos a la realidad financiera, brindando a los gestores de portafolios e involucrados una herramienta mucho más robusta de cálculo del valor en riesgo.

5.2. Antecedentes del problema

El término de VaR es relativamente moderno, su acuñación conceptual surgió tras el detonante de la crisis del mercado de valores en 1987 (Jorion, 2006), en cabeza del *Head of Global Research* de J.P. Morgan como una manera de garantizar ingresos estables y con una volatilidad conocida para sus portafolios de renta fija.

Sin embargo, el VaR está relacionado directamente con el riesgo en los distintos mercados donde los agentes económicos hacen intercambios de productos y servicios, cuya influencia ha estado presente desde tiempos antiquísimos, donde el trueque era la base del sistema económico y determinante de los precios en términos relativos.

En *The Economic Theory of Risk and Insurance* (Willett, 1901) se puede encontrar quizás una de las primeras manifestaciones académicas del riesgo. El autor a lo largo de su obra define la naturaleza del riesgo, los tipos de riesgo, los costos del riesgo y cómo se podría mitigar dicho fenómeno; por supuesto desde una óptica social y argumentativa, definiendo al final del texto cómo afecta el riesgo a la acumulación del capital y a la inversión especulativa.

Cabe destacar que no fue hasta finales del siglo XX, donde la metodología del Valor en Riesgo dejó de ser un juguete de los grandes banqueros para monitorear sus inversiones y pasó al conocimiento del público en general, hasta que fue incluido en el marco de regulación prudencial elaborado por el Banco Internacional de Pagos (BIS) establecido en Basilea, cuyo objetivo es asegurar el buen funcionamiento del sistema financiero dada la influencia que tiene en la economía.

En Basilea II se establecieron algunas pautas internacionales para un mejor manejo del sistema financiero global, entre ellos, el riesgo de mercado al cual se exponían las instituciones financieras, así muchos entes regulatorios a lo largo de los países con

mercados financieros desarrollados o en vía de desarrollo decidieron acogerse a esta regulación, volviendo la metodología comparable entre países.

Colombia decidió acogerse a esta regulación y fue establecida la respectiva norma para el cálculo del VaR en entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera en el anexo III del capítulo XXI de la Circular Externa 100 de 1995.

Ferruz, Marco Sanjuán, & Muñoz Sanchez (2008) hacen un interesante análisis de estos acuerdos, haciendo una síntesis de Basilea I y Basilea II.

En *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk* (Jorion, 2006), se hace quizás uno de los más completos análisis en materia de cálculo de VaR: determinando las mejores herramientas metodológicas, los diferentes tipos de VaR, cómo hacer un *backtesting* adecuado y cómo estructurar un adecuado manejo del riesgo en las diferentes instituciones financieras. Este texto se utilizará en diferentes etapas de este documento.

En el caso colombiano, se han llevado a cabo interesantes análisis acerca del VaR, entre los que se destacan los de Julio César Alonso y Paul Semáan de la Universidad ICESI, quienes han estimado el valor en riesgo empleando modelos de volatilidad constante y no constante en R. Para más detalle, remítase a: Alonso, Introducción al cálculo del valor en riesgo (2005), Alonso & Semáan, Cálculo del VaR con volatilidad no constante en R (2010) y Alonso & Semáan, Cálculo del Valor en Riesgo y Pérdida Esperada mediante R: Empleando modelos con volatilidad constante (2009).

5.3. Planteamiento de la hipótesis

La hipótesis de este documento es demostrar la viabilidad de aplicar un modelo de VaR paramétrico al portafolio de una aseguradora colombiana y obtener en términos porcentuales la pérdida máxima a la cual estaría expuesto un inversionista en un periodo

de tiempo determinado con cierto nivel de confianza. Esto significa que la información objeto de este documento, con todas sus variables y especificaciones, tenga una solución paramétrica de acuerdo con la volatilidad endógena del portafolio, determinada por la matriz de varianzas y covarianzas arrojada del cambio de los precios históricos de los activos que lo componen. Además, se parte de la hipótesis que, al tratarse de una aseguradora, el riesgo al que se expone al invertir en los mercados financieros debe ser moderadamente conservador, puesto que el portafolio no puede verse envuelto en una alta pérdida patrimonial debido a las necesidades de liquidez de la compañía para enfrentar coyunturas de su *modus operandi*, por ende, se espera que el cambio patrimonial, con un nivel de confianza de 95%, no sea mayor al 0,5% en un día.

6. Metodología

De acuerdo con lo encontrado en la revisión de literatura, el VaR obtenido a través de una metodología no paramétrica no es lo suficientemente robusto para tomar decisiones de inversión y compararlo con los demás portafolios del mercado.

La metodología de simulación Montecarlo es la más robusta y permite determinar la distribución de los retornos, sin embargo, esta requiere altos recursos computacionales y dado que se va a habilitar una sección en la intranet del banco para que el usuario final acceda, se debe optimizar el rendimiento del prototipo que se va a realizar.

Por ende, la mejor metodología para el cálculo del VaR en una aseguradora colombiana es la paramétrica, salvaguardando el hecho que, a pesar de haber encontrado enfoques que debatían ampliamente el axioma de distribución normal para los rendimientos, el calculo por este medio es el más aceptado en el mercado; permitiendo comparar los resultados del valor en riesgo de este portafolio con cualquier otro y facilitando su interpretación por cualquier persona medianamente ilustrada en finanzas. Además, es la política de cálculo aceptada por la plataforma global de BTG Pactual.

Para el cálculo del VaR paramétrico se debe contar con la matriz de varianzas y covarianzas; obtenida a partir de los precios históricos de los activos que componen el portafolio, se deben calcular los retornos así:

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

Luego, se obtiene la desviación estándar del portafolio de acuerdo con lo encontrado en Jorion (2006) y en Díaz Roldan, Triana Morales, & Zuluaga Zapata (2015):

$$\sigma_p = \sqrt{[\omega_1 \quad \omega_2 \quad \omega_i] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{1i} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{2i} \\ \sigma_{i1} & \sigma_{i2} & \sigma_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_i \end{bmatrix}}$$

Para hacer todo este procedimiento, se recurrirá al paquete estadístico R y su interfaz gráfica R Studio, con base en lo encontrado en Alonso & Semáan, Cálculo del Valor en Riesgo y Pérdida Esperada mediante R: Empleando modelos con volatilidad constante (2009).

Luego de obtener la matriz de varianzas y covarianzas, se vinculará el resultado del paquete estadístico R con Microsoft Excel, a través de Visual Basic for Applications. Este procedimiento se llevará a cabo gracias a la información encontrada en Walkenbach (2013).

Una vez en Microsoft Excel, se hará un análisis del portafolio del usuario final, clasificando cada uno de los activos que lo componen de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación de Nemotécnicos

Nemotécnico	Tipo de Riesgo	Macro Activo	Tipo de Activo	¿Es Renta Fija?	Calificación	Detalle Renta Fija	Emisor	Nemo Matriz
Activo 1	Riesgo Colombiana	Renta Fija	Deuda Privada	Si	AA+	Títulos Directos	Bancolombia	TES
Activo 2	Riesgo internacional	Acciones	Acciones	No	No requiere	Títulos Directos	Morgan Stanley	SPY

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación es indispensable para dos cosas: primero, caracterizar la información en el reporte final para generarle valor agregado al usuario final y segundo, clasificar cada uno de los n activos que componen el portafolio en la matriz de varianzas y covarianzas calculada anteriormente, además de saber la ponderación respectiva.

Debido a que existen títulos de renta fija dentro de los portafolios, es indispensable calcular mediante una metodología de Nelson & Siegel los precios de los bonos que componen la cartera. La metodología usada se detalla en el Apéndice 1.

Una vez se tenga completa toda esta información, se procederá a calcular el respectivo VaR de acuerdo con lo encontrado en Jorion (2006).

$$VaR_p = \alpha \sqrt{\omega' \sum_{i=1}^n \omega * \sqrt{t}}$$

Donde el parámetro α estará definido por el nivel de confianza que el usuario final elija, al igual que t estará determinado por el periodo de cálculo que este requiera.

La ponderación ω' se hallará a través del portafolio que el usuario final brinde, además de la matriz de varianzas y covarianzas ω , explicada en pasos anteriores.

Es importante que el resultado final de este trabajo salga de Microsoft Excel dado que, como se mencionó anteriormente, el prototipo hecho en Microsoft Visual Basic se cargará a la intranet del Banco, por ende, este debe tener un formato .xlsx o .xlsb, además, como se debe mostrar un reporte que cumpla con los estándares de presentación corporativa de BTG Pactual, es indispensable tener la flexibilidad del mencionado programa.

7. Resultados obtenidos

A posteriori, se puede determinar que de este documento se esperan dos resultados que no son excluyentes y se complementan: el primero y quizá más importante, es una plataforma web que le permita al usuario final interactuar y calcular el VaR de un portafolio determinado, con la posibilidad de parametrizar algunos *inputs* de la modelación (días de cálculo, nivel de confianza, fecha). Este resultado se puede evidenciar en el Anexo 2, pues se logró una interfaz en la intranet de BTG Pactual que no solo permitió el acceso del cliente, sino que se facilitó, a través de un usuario y una contraseña, el ingreso tanto de más usuarios de la misma compañía, como de otros clientes potenciales que estén interesados en un reporte estandarizado de valor en riesgo con el sello de BTG Pactual.

Paralelamente, al ingresar con sus datos, la persona encargada de generar el reporte puede parametrizar los *inputs* anteriormente mencionados, proporcionando una herramienta dinámica y abierta a las necesidades de los usuarios.

El segundo resultado esperado de este documento es el cálculo del valor en riesgo *per se*, incluyendo la matriz de varianzas y covarianzas y la segregación por macroactivos,

con el fin de brindar al usuario final una panorámica amplia de su portafolio, no solo en materia de riesgo, sino también en concentración por emisor, riesgo Colombia, riesgo internacional, renta fija Colombia y renta fija internacional (según plazo y calificación) y un análisis de concentración de tasas (los bonos generalmente se encuentran indexados a tasas determinadas por el mercado o por inflación). Adicionalmente, se puede encontrar la ponderación de VaR y de cada macroactivo dentro del portafolio.

En el Anexo 3 se detallan los resultados y la segregación de estos cálculos, haciendo énfasis en el resultado final del VaR del portafolio (es importante resaltar que por temas de confidencialidad con el proveedor del portafolio, este fue el único valor del informe que se conservó sin alteraciones, el resto son números aleatorios), obteniendo para esta cartera un VaR de 0,9833%, interpretándose de la siguiente manera:

A un nivel de confianza del 95%, en un horizonte de un tiempo de un día, la máxima pérdida esperada para el portafolio es de 0,9833%.

Esto quiere decir que, en un portafolio de \$1,000,000, la pérdida máxima esperada en un día serían \$9,833, con un nivel de confianza del 95%.

Otros puntos importantes que fueron encontrados en la segregación del portafolio se enuncian a continuación: la concentración por emisor no superaba el 8%, los títulos de renta fija (TES, bonos, CDTs) representaron más del 80% de la composición total, la mayoría de los títulos tienen vencimientos a más de 16 años y poseen altas calificaciones crediticias, además, la mayor parte de títulos de renta fija se encuentran indexados por el Índice de Precios al Consumidor (IPC).

8. Conclusiones

La cuantificación del riesgo es una tarea que todas las instituciones financieras deberían conocer y aplicar correctamente. El marco institucional internacional se ha encargado de legislar dicha actividad creando una serie de parámetros para hacerlo correctamente, por supuesto con metodologías sujetas a debate y revisión, pero buscando una estandarización y comunicación a nivel global entre gestores de portafolios e inversionistas.

En el marco de este trabajo, se ha identificado el riesgo de un portafolio conformado por activos de variada naturaleza mediante una herramienta estadística disponible en la intranet del banco, ajustada a las necesidades de los clientes, robusta y de amplia comprensión en el sector financiero. Dicha herramienta, utiliza una metodología de cálculo paramétrica para hallar el valor en riesgo de una canasta de activos y además, clasifica el portafolio de una manera detallada para un mejor análisis de la cartera, permitiendo determinar el nivel de confianza deseado, los días de cálculo y la fecha a estimar.

Para obtener estos cálculos, se han utilizado paquetes estadísticos que soporten los algoritmos matemáticos y econométricos requeridos para el proceso, además de usar prototipos creados en lenguajes de programación que facilitan la organización y generación de información final. En este trabajo se usaron: R, R Studio y Visual Basic for Applications.

En cuanto a los resultados obtenidos para una aseguradora colombiana, sorprende el hecho de que no se cumpla la hipótesis inicial del trabajo, pues se ha encontrado que el VaR agregado del portafolio es 0,9833% diario contra una hipótesis de 0,5% en el mismo marco de tiempo, sacando a luz la importancia de tener este tipo de herramientas para de una manera u otra conocer y controlar al riesgo al cual se exponen los administradores de carteras al invertir los recursos de sus clientes.

Otro hallazgo importante es el hecho que el portafolio se encuentra especialmente diversificado entre emisores, pero concentrado en inversiones en títulos de renta fija (cerca del 80%), lo que ayuda a que el nivel de VaR no sea tan elevado, puesto que es ampliamente conocido que si se tienen títulos valores que involucran una mayor exposición a fluctuaciones de mercado, como por ejemplo, acciones, se obtiene un mayor VaR. Adicionalmente, el principal emisor es el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, lo que permite identificar que la mayor parte del portafolio se encuentra concentrado en títulos de tesorería de la nación (TES), el activo financiero con menor riesgo en el mercado financiero colombiano.

Lo anterior, evidencia que los administradores de portafolios en empresas aseguradoras evitan exponer los recursos de sus clientes a pérdidas materiales en el mercado financiero, lo que permite la acumulación de capital en el largo plazo y la generación de riqueza. Igualmente, asegura la subsistencia de estas compañías, generando estabilidad en la economía como un todo, pues este tipo de empresas se caracterizan por ser dinámicas, transversales y creadoras de mercado. Además, teniendo en cuenta la característica fiduciaria de las instituciones financieras, cada caso de mala gestión mina la confianza de los inversionistas, pilar del sistema capitalista moderno y de los mecanismos de asignación de mercados, generando un círculo vicioso entre los diferentes agentes de la economía. Casos como el de AIG en la crisis del 2008 en Estados Unidos dan fe de esta realidad, poniendo al mercado financiero en un entorno de desconfianza y fuga masiva de capitales.

En cuanto a BTG Pactual, se logró, a través del desarrollo de esta herramienta, capturar a un cliente clave en la dirección estratégica de la compañía, convirtiéndose en unos de los top 10 de la compañía medido por activos administrados y en custodia.

Bibliografía

- Alonso, J. C. (2005). *Introducción al cálculo del valor en riesgo*. Universidad ICESI, Departamento de Economía. Cali: Gestión Editorial.
- Alonso, J. C., & Semaán, P. (2009). *Cálculo del Valor en Riesgo y Pérdida Esperada mediante R: Empleando modelos con volatilidad constante*. Universidad ICESI, Departamento de Economía. Cali: Gestión Editorial.
- Alonso, J. C., & Semaán, P. (2010). *Cálculo del VaR con volatilidad no constante en R*. Universidad ICESI, Departamento de Economía. Cali: Gestión Editorial.
- Arango, L. E., Melo, L. F., & Vásquez, D. M. (2010). Estimación de la estructura a plazo de las tasas de interés en Colombia. *Borrador 196 - Banco de la República - Colombia*, 1-33.
- Bagehot, W. (1873). *Lombard Street: A description of the Money Market*. Londres, Inglaterra: Henry S. King and Co.
- Díaz Roldan, S. G., Triana Morales, C. D., & Zuluaga Zapata, A. M. (2015). VaR Paramétrico ajustado por riesgo liquidez para un portafolio de acciones de la aseguradora PREVISORA S.A. 1-31.
- Ferruz, L., Marco Sanjuán, I., & Muñoz Sanchez, F. (2008). Basilea II: Nuevo Acuerdo de Capital. *Análisis Financiero*, 1-9.
- Galbraith, J. K. (1975). *El Dinero*. Nueva York, Estados Unidos: Ediciones Orbis S.A.
- Irwin, N. (2013). *Los Alquimistas*. Londres, Inglaterra: Headline Publishing Group.
- Jorion, P. (2006). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York, United States: McGraw-Hill.
- Marx, K., & Engels, F. (1848). *El Manifiesto del Partido Comunista*. Confederación Germánica.
- Ming Chen, J. (2016). *Postmodern Portfolio Theory*. East Lansing, Michigan, USA: Springer.
- Morales, H. F., Aparecida do Nascimento Rebelatto, D., & Sartoris, A. (2013). Parametric VaR with goodness-of-fit tests based on EDF statistics for extreme returns. *Mathematical and Computer Modelling*, 1648-1658.

- Nelson, C. R., & Siegel, A. F. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *Journal of Business* , 60(4), 473-489.
- Walkenbach, J. (2013). *Excel 2013: Power Programming with VBA*. Tucson, Arizona, United States: Wiley.
- Willett, A. H. (1901). *The Economic Theory of Risk and Insurance* (Vol. 2). New York, United States: The Columbia University Press.

Apéndice

Anexo 1. Metodología de Nelson y Siegel (1987).

Tomado de Arango, Melo, & Vásquez (2010)

La estimación de la estructura de plazos de la tasa de interés para un conjunto de n bonos con distintos periodos de madurez m_j , rendimientos r_j y tasa cupón C_j se hace minimizando la suma de errores al cuadrado de los precios p_j o de los rendimientos al vencimiento. Esta estimación difiere de los métodos econométricos tradicionales debido al carácter no lineal y recursivo del método de cálculo.

En el caso de los precios, la función objetivo a minimizar sería:

$$\operatorname{argmin}_{\beta, \tau} \sum_{j=1}^N (P_j - \hat{P}_j)^2$$

Teniendo en cuenta que cada bono j tiene una estructura anual de K_j pagos de cupón y un valor facial de 100, el precio estimado del bono \hat{p}_j está dado por:

$$\hat{p}_j = \sum_{K=1}^{K_j} C_j \hat{d}(\tau_{jk}) + 100 \hat{d}(\tau_{jk_j})$$

Donde $\hat{d}(\tau_{jk})$ denota el factor de descuento para la fecha de pago de cupón τ_{jk} , este factor se obtiene mediante la expresión:

$$\hat{d}(\tau_{jk}) = \exp(-1/100 \hat{s}(\tau_{jk}) \tau_{jk})$$

En esta ecuación, la tasa de interés spot \hat{s} es estimada siguiendo a Nelson & Siegel (1987), quienes minimizan el número de parámetros a estimar asumiendo que la tasa a plazo instantánea está dada por la solución de una ecuación diferencial de segundo orden con raíces reales iguales. De esta forma se obtiene:

$$f(m) = \beta_0 + \beta_1 \exp(-m/\tau) + \beta_2 (m/\tau) \exp(-m/\tau)$$

Donde τ es una constante positiva de tiempo asociada con la ecuación y β_0 (positivo) β_1 y β_2 son los parámetros restantes del modelo. Estos cuatro parámetros se deben estimar cada vez que se desee calcular el modelo.

La anterior estimación genera una sucesión de curvas que pueden ser encorvadas, en forma de “U” o de “S”, dependiendo de los valores de β_1 y β_2 , además, tiende a β_0 de forma asintótica.

Además, como se observa en la ecuación de la estimación, la tasa a plazos tiene tres componentes: la constante β_0 , el término exponencial $\beta_1 \exp(-m/\tau)$ el cual tiende a cero en forma monótona cuando β_1 es positivo y el término $\beta_2 (m/\tau) \exp(-m/\tau)$ que señala la forma que tendrá la curva. Por ejemplo, tendrá forma de “U” si β_2 es negativo. Estos tres componentes se asocian al nivel, la inclinación y la curvatura del ajuste, respectivamente.

Bajo la forma funcional de Nelson & Siegel (1987), las tasas spot y a plazos se aproximan a una constante tanto en el corto como en el largo plazo.

$$\lim_{m \rightarrow \infty} f(m) = \lim_{m \rightarrow \infty} s(m) = \beta_0$$

$$\lim_{m \rightarrow 0} f(m) = \lim_{m \rightarrow 0} s(m) = \beta_0 + \beta_1$$

Teniendo en cuenta que la tasa forward instantánea se puede obtener haciendo que la diferencia entre el tiempo al vencimiento de la primera alternativa y el tiempo de vigencia del segundo bono, en la segunda alternativa, tienda a cero. Puede señalarse, inclusive, que la tasa spot para el periodo $m (= T - t)$, $s(m)$, es el promedio de las tasas a plazo:

$$s(m) = \frac{1}{m} \int_{t=0}^m f(t) dt$$

La expresión de la tasa spot sería entonces:

$$s(m) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{1 - \exp(-m/\tau)}{(m/\tau)}$$

Como se mencionaba anteriormente, otra forma de estimación consiste en minimizar los errores al cuadrado de los rendimientos a la madurez:

$$\operatorname{argmin}_{\beta, \tau} \sum_{j=1}^N (Y_j - \hat{Y}_j)^2$$


La estimación de los rendimientos al vencimiento \hat{Y}_j es igual a la descrita anteriormente. Una vez obtenida la estimación de los precios o rendimientos, se calcula el rendimiento estimado utilizando la siguiente ecuación:

$$P_j(m) = \sum_{k=1}^m C_j \exp[-1/100 \hat{y}_j(m)k] + 100 \exp[-1/100 \hat{y}_j(m)k]$$

Teniendo en cuenta que esta ecuación no es lineal, dado el precio, los rendimientos son estimados utilizando métodos numéricos.

Anexo 2. Portal Web desarrollado en la intranet del banco.

//reportes.btgpactual.com.co/Upload.aspx



Último acceso 15/12/2017 9:12:29 a.
Opciones

Publicar Insumo

Parámetros de ejecución:

Fecha:

Nivel de confianza:

Días cálculo:

Procesamiento:


Archivo:

018 BTG Pactual. Todos los derechos reservados. Versión 1.0.0.18 | Service: 2018-04-12 16:5647 | Su dirección IP es: 10.26.15.74

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA

BTG Pactual S.A. Comisionista de Bolsa
BTG Pactual Sociedad Fiduciaria S.A.

//reportes.btgpactual.com.co/Login.aspx



Inicio de sesión

Usuario

Contraseña

Bienvenido a nuestro portal para Aseguradoras

Para acceso a este sistema contacte a nuestro equipo comercial. Hemos elevado los estándares de seguridad razón por lo cual, usted deberá establecer una contraseña que cumpla con las políticas de seguridad (longitud mínima de 7 caracteres, al menos un carácter especial y al menos un número).

12/04/2018 5:02:54 p. m.

018 BTG Pactual. Todos los derechos reservados. Versión 1.0.0.18 | Service: 2018-04-12 17:0047 | Su dirección IP es: 10.26.15.74

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA

BTG Pactual S.A. Comisionista de Bolsa
BTG Pactual Sociedad Fiduciaria S.A.

Anexo 3. Reporte Final

Análisis VaR Portafolio

Aseguradora XXX

Fecha de Corte: 1 de mayo de 2018

Resumen Portafolio a 01 de mayo de 2018

VaR	Total
VaR diario porcentual	0,9833%
Límite VaR Diario	2,5000%
Cumple Límite	Si
Inversiones	VPN
Renta Fija	23.511.644,00
Acciones	48.979.211,00
Otros	23.188.171,00
Valor Portafolio	95.679.026

Análisis Principales Emisores

Emisor	VPN
Emisor 1	33,17%
Emisor 2	28,51%
Emisor 3	8,22%
Emisor 4	7,77%
Emisor 5	6,08%
Emisor 6	4,07%
Emisor 7	3,77%
Emisor 8	3,01%
Emisor 9	2,73%
Emisor 10	2,66%
Total	100,00%

El contenido del presente informe hace referencia al VaR (Valor en riesgo), el cual refleja una estimación estadística de la pérdida máxima esperada para un portafolio. La información contenida en el presente reporte fue elaborada con base en los reportes presentados por el Cliente, en los términos indicados en el Contrato de Asesoría en el Mercado de Capitales para Programas de Inversión - API. Por lo anterior, la exactitud y veracidad de la información depende de los reportes suministrados por el Cliente.

Reporte Final. Página 1

Análisis VaR Portafolio

Aseguradora XXX

Fecha de Corte: 1 de mayo de 2018

Riesgo Colombia

	VPN	% PORTAFOLIO	%VAR
Renta Fija	13.433.986.890	87,77%	0,0027%
TES TF 1 AÑO	527.599.077	0,00%	0,0000%
TES TF 2 AÑOS	747.471.629	0,00%	0,0000%
TES TF 4 AÑOS	87.703.146	0,00%	0,0000%
TES TF 6 AÑOS	795.230.886	0,00%	0,0000%
TES TF 8 AÑOS	85.338.443	0,00%	0,0000%
TES TF 10 AÑOS	432.280.143	0,00%	0,0000%
TES TF 12 AÑOS	725.372.752	0,00%	0,0000%
TES TF 15 AÑOS	334.978.484	0,37%	0,0000%
TES UVR 1 AÑO	769.805.523	1,65%	0,0001%
TES UVR 2 AÑOS	695.109.548	2,83%	0,0002%
TES UVR 4 AÑOS	982.316.754	6,52%	0,0004%
TES UVR 6 AÑOS	632.625.597	9,07%	0,0006%
TES UVR 8 AÑOS	312.743.652	1,44%	0,0001%
TES UVR 10 AÑOS	476.965.580	0,83%	0,0001%
TES UVR 12 AÑOS	771.799.206	0,26%	0,0000%
TES UVR 15 AÑOS	67.326.179	4,36%	0,0003%
CDT 1 AÑO	978.389.561	1,11%	0,0001%
CDT TF 2 AÑOS	744.810.477	0,00%	0,0000%
CDT TF 3 AÑOS	293.438.504	0,00%	0,0000%
CDT TF 5 AÑOS	679.283.293	0,00%	0,0000%
CDT UVR 2 AÑOS	91.123.265	0,00%	0,0000%
CDT UVR 3 AÑOS	966.848.375	0,05%	0,0000%
CDT UVR 5 AÑOS	828.527.239	12,14%	0,0008%
BONOS	155.108.388	0,00%	0,0000%
DPRIVADA	251.791.189	47,16%	0,0032%
Acciones	48.979.211,00	0,23%	0,0000%
Total Riesgo Colombia	13.482.966.101	88,00%	0,0027%

El contenido del presente informe hace referencia al VaR (Valor en riesgo), el cual refleja una estimación estadística de la pérdida máxima esperada para un portafolio. La información contenida en el presente reporte fue elaborada con base en los reportes presentados por el Cliente, en los términos indicados en el Contrato de Asesoría en el Mercado de Capitales para Programas de Inversión - API. Por lo anterior, la exactitud y veracidad de la información depende de los reportes suministrados por el Cliente.

Reporte Final. Página 2

Análisis VaR Portafolio

Aseguradora XXX

Fecha de Corte: 1 de mayo de 2018

Riesgo Internacional

	VPN	% PORTAFOLIO	%VAR
Renta Fija	-	0,00%	0,0000%
CORPORATIVOS	-	0,00%	0,0000%
TESOROS 10Y	-	0,00%	0,0000%
YANKEES	-	0,00%	0,0000%
DEUDA EMERGENTE	-	0,00%	0,0000%
Acciones	-	0,00%	0,0000%
ACCIONES EUROPA	-	0,00%	0,0000%
ACCIONES LATAM	-	0,00%	0,0000%
ACCIONES CHINA	-	0,00%	0,0000%
ACCIONES ASIA EX JAPON	-	0,00%	0,0000%
ACCIONES JAPON	-	0,00%	0,0000%
ACCIONES EMERGENTES	-	0,00%	0,0000%
Moneda	-	0,00%	0,0000%
DÓLAR	-	0,00%	0,0000%
EURO	-	0,00%	0,0000%
YEN	-	0,00%	0,0000%
REAL	-	0,00%	0,0000%
Total Riesgo Internacional	-	0,00%	0,0000%

El contenido del presente informe hace referencia al VaR (Valor en riesgo), el cual refleja una estimación estadística de la pérdida máxima esperada para un portafolio. La información contenida en el presente reporte fue elaborada con base en los reportes presentados por el Cliente, en los términos indicados en el Contrato de Asesoría en el Mercado de Capitales para Programas de Inversión - API. Por lo anterior, la exactitud y veracidad de la información depende de los reportes suministrados por el Cliente.

Reporte Final. Página 3

Análisis VaR Portafolio

Aseguradora XXX

Fecha de Corte: 1 de mayo de 2018

Renta Fija Colombia según Calificación y Plazo

Calificación	0-1 Año	%	1-3 Años	%	3-8 Años	%	8-13 Años	%	13-16 Años	%	>16 Años	%	Total
Riesgo Nación	12.066.065	22%	2.387.234	48%	4.107.550	59%	4.019.160	5%	4.306.049	43%	5.617.057	0%	1.088.057
AAA	36.545.041	18%	5.900.411	27%	4.878.215	17%	2.422.493	73%	5.282.728	34%	5.710.963	77%	4.222.743
AA+	3.988.266	0%	1.973.636	14%	5.912.247	19%	5.501.872	9%	2.847.342	0%	3.080.048	20%	2.270.831
AA	40.948.374	0%	1.964.506	0%	1.657.216	1%	5.984.970	0%	1.113.429	0%	4.099.097	0%	3.513.118
AA-	40.283.802	0%	1.378.180	0%	3.556.888	0%	2.019.991	0%	4.534.954	0%	4.948.148	0%	2.564.247
<AA	21.881.471	3%	1.715.656	9%	5.255.008	4%	4.268.774	14%	1.105.892	23%	1.261.793	3%	3.225.644
No requiere	41.648.794	56%	5.049.259	2%	4.942.987	0%	4.850.183	0%	4.264.881	0%	5.743.914	0%	4.431.405
Total	132.546.379.514		135.402.048.238		618.542.700.611		629.014.330.599		243.562.119.726		246.826.854.224		2.005.894.694.912

Renta Fija Internacional según Calificación y Plazo

Calificación	0-1 Año	%	1-3 Años	%	3-8 Años	%	8-13 Años	%	13-16 Años	%	>16 Años	%	Total
Riesgo Nación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AAA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AA+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AA-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<AA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No requiere	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total													

Análisis Riesgo Mercado

Tasa	VPN	% Participación	%VAR
Tasa Fija	1.206.302	1,7312%	0,0001%
IPC	4.035.998	64,9866%	0,0044%
UVR	4.378.444	19,9270%	0,0013%
TRM	3.503.841	0,2037%	0,0000%
DTF	2.285.153	0,0166%	0,0000%
IBR	3.981.542	0,2263%	0,0000%
OTROS	1.298.716	0,2707%	0,0000%
Total	20.689.996	87,3621%	0,0059%

El contenido del presente informe hace referencia al VaR (Valor en riesgo), el cual refleja una estimación estadística de la pérdida máxima esperada para un portafolio. La información contenida en el presente reporte fue elaborada con base en los reportes presentados por el Cliente, en los términos indicados en el Contrato de Asesoría en el Mercado de Capitales para Programas de Inversión - API. Por lo anterior, la exactitud y veracidad de la información depende de los reportes suministrados por el Cliente.

Reporte Final. Página 4