

METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE PÉRDIDA MÁXIMA EN CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS OPTIMOS DE INVERSIÓN

Ricardo Alfredo Rojas Medina²²
Laura Victoria Pérez Chica²³

²² Docente Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales y director del semillero de investigación en Finanzas Cuantitativas. Colombia. Email: rarojasm@unal.edu.co

²³ Estudiante VIII Semestre de Administración de Empresas (D), Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Grupo Finanzas Cuantitativas. Colombia. Email: lvperezc@unal.edu.co

Resumen

Todo tipo de inversión en el mercado accionario implica pérdida u ganancia. En este sentido, la estadística y diversos métodos de medición de riesgo se convierten en una herramienta fundamental que permiten tener una proyección cortoplacista, la cual ayude a la toma de decisiones frente a la negociación de activos financieros en bolsa.

En este documento se pretende hacer un recuento por métodos de estimación del Valor en Riesgo y a partir de la aproximación teórica desarrollar un caso práctico con acciones de la Bolsa de Valores Colombiana calculando la perdida máxima en un portafolio de inversión. El desarrollo metodológico se ejecutará con el software R sistema computacional diseñado para el análisis estadístico de datos y con complementos específicos para el análisis financiero.

Palabras clave

Riesgo, Valor en Riesgo, Volatilidad, Método paramétrico, semi-paramétrico y no paramétricos, portafolio óptimo de inversión.

Abstract

Any kind of investment in the stock market involves loss or gain. In this sense, statistics and various methods of risk measurement become in a key tool that allow establish a short-term projection which help to take decisions against the trading of financial assets.

This paper aims to make a recompilation of methods for estimating VaR and from the theoretical approach develop a study case with actions of Colombian Stock Exchange Securities by calculating the maximum loss on an investment portfolio. The methodological development is performed with the computing system R designed for statistical data analysis and specific supplements for financial analysis software

Keywords

Risk, Value at Risk, Volatility, parametric, semi-parametric and non-parametric method, optimal investment portfolio.

1. Marco Teórico

La historia del VaR (Value at Risk) se remonta a la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE) en los años 20' donde las empresas estaban obligadas a mantener un capital equivalente a una parte de los activos de la compañía. Posteriormente con 'la crisis del 29' el mercado de valores de E.E.U.U tuvo una baja accionaria lo que ocasionó grandes pérdidas a nivel bancario y a sus depositantes. Esto, generó un impulso mayor para el uso de medidas de Valor en Riesgo. La Escuela Stern de Negocios de la Universidad de Nueva York (2000: 3), indica que "la Comisión de Bolsa de Valores estableció parámetros en donde se obligaba a los bancos a mantener sus deudas por debajo del 2.000% de su capital". Es a partir de este momento que los bancos crean medidas de control para cumplir con los requisitos y generar confianza en el mercado.

A mediados de 1980 se dieron entonces, las primeras medidas de valor en riesgo, cuando la Comisión del Mercado de Valores (SEC), alineó las necesidades de capital de las empresas de servicios financieros a las pérdidas en que se incurriría, con un 95% de confianza en un intervalo de treinta días, en distintos niveles de seguridad y se utilizaron retornos históricos para calcular las pérdidas potenciales. Continuando con el proceso, en 1986 se tomó como base la covarianza de los rendimientos de bonos y se inició el desarrollo de medidas más sofisticadas de Valor en Riesgo para carteras de renta fija. Sin embargo, en 1995 John Pierpont Morgan publica sus análisis sobre riesgo basados en estudios de varianzas y covarianzas, que fueron empleados durante una década para calcular el riesgo y permitió el desarrollo de un software al que tituló "RiskMetrics". La medida encontró una audiencia receptiva con los bancos comerciales, de inversión y las autoridades reguladoras que supervisaban en aquella época.

Cabedo Semper & Moya Clemente (2003: 229), confirman cómo actualmente instituciones internacionales como el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, Wall Street y empresas fuertes en el ámbito financiero, consideran el VaR como una pieza fundamental para la medición del riesgo. Es así como el VaR es considerado una medida relevante de exposición al riesgo por parte de las empresas de servicios financieros y comerciales. Pero, ¿cuál es el riesgo? y ¿cuál es su importancia?

Todo inversionista se pregunta cuál es la perdida máxima que podría obtener o cuál sería su peor escenario frente a un monto invertido. Es allí donde la medida del Valor en Riesgo se convierte en una medida aliada para determinar posibilidades de riesgo futuro esperado.

Etimológicamente el riesgo proviene de la palabra rizq que significa lo que depara la providencia. Joan Corominas (1973) enfatiza que la expresión proviene de risco (peñasco alto) haciendo referencia al peligro que sufren los barcos al atravesar por estos

lugares. Igualmente, La Real Academia de la Lengua Española define riesgo como la contingencia o proximidad a un efecto no esperado.

Desde la perspectiva financiera Arias Montoya, Castaño Benjumea & Rave Arias (2006: 276) definen VaR como "la incertidumbre asociada con el valor y/o retorno de una Posición financiera. El riesgo está ligado a la incertidumbre sobre eventos futuros, lo que hace que resulte imposible eliminarlo por completo".

En este contexto, riesgo hace referencia a la posibilidad de pérdida o ganancia, debido a la dependencia de factores de carácter cuantitativo y cualitativo, que afectan el valor de un activo. El riesgo implica medición, monitorización y control; de esta manera, se pueden prever las futuras exposiciones a eventos no esperados y así tener una mejor planeación que brinde oportunidades de obtención de ganancias.

Mascareñas (2008: 2), plantea que la medida más popular y tradicional del riesgo es la volatilidad, pero ella no nos indica hacia dónde se mueve el rendimiento, si hacia arriba del valor esperado o hacia abajo del mismo. Es por eso que una de las medidas más aceptadas para hacer proyecciones de riesgo es la metodología del VaR. Ésta establece un valor único que describe las diversas posiciones de las acciones y define un valor máximo de perdida con un nivel de probabilidad y tiempo. Según Philippe Jorion (2000: 337), el VaR puede definirse como la perdida monetaria máxima esperada para un periodo de tiempo con una probabilidad específica.

El Valor en riesgo es primariamente usado para reducir la probabilidad de pérdida, Plascencia Cuevas (2010: 21) comenta que, es ampliamente utilizado para medir el riesgo de mercado en la administración o gestión de riesgo, puesto que permite asegurar que las instituciones financieras continúen en el negocio después de un evento catastrófico.

Su importancia es tanta que el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea mediante el acuerdo "Basilea II" del 2004, adoptó el VaR como un criterio obligatorio de cuantificación de recursos propios frente al riesgo de mercado. Arbeláez & Ceballos (2005: 47) comentan que el Sistema de Administración del Riesgo de Mercado (SEARM), ha adoptado versiones de estas metodologías VaR que deben ser aplicadas por la entidades reguladas, ya sea que adopten modelos internos o modelos estándar para la identificación, cuantificación y control de los riesgos financieros.

2. Metodología para su cálculo

Algunas de las metodologías más usadas para el cálculo del VaR son:

1. La Simulación Histórica o no paramétrica que no supone una distribución o necesidad de estimar parámetros.
2. Método Varianza-Covarianza, aproximación paramétrica que implica suponer una distribución y estimar unos parámetros.
3. Método Montecarlo aproximación semi-paramétrica.

2.1 Simulación Histórica

Este enfoque utiliza datos de observaciones históricas para derivar el VAR por medio del percentil empíricamente escogido. Lo anterior equivale a la siguiente expresión:

²⁴

$$VaR_{t+1|t}^{SH} = \text{Percentil} \left\{ \{z_t\}_{t=1}^n, \alpha 100 \right\}$$

Es decir, la SH asume que la distribución de los rendimientos futuros es bien descrita por la distribución histórica de los rendimientos. "Dado que no se supone ninguna distribución específica (como la normal o la t) y que emplea las realizaciones de los rendimientos" (Alonso & Arcos, 2006: 7).

La Simulación histórica es la manera más simple de estimar el valor en riesgo de los portafolios de inversión. Por medio de este método, el VaR se calcula por medio del establecimiento de series de tiempo de la rentabilidad de la cartera teniendo como recurso los datos históricos reales y los cambios que estos han tenido por un periodo de tiempo específico.

Este método maneja tres supuestos implícitos:

1. No hay hipótesis de normalidad de los resultados y datos usados. Es decir, el enfoque es independiente cuando se trata de suposiciones de distribución y el VaR es calculado por los movimientos de los precios reales de las acciones.
2. Todas las series de tiempo que se usan tienen el mismo peso al momento de calcular el VaR, "un problema potencial si existe una tendencia en la variabilidad menor en los períodos anteriores y las más altas en los períodos posteriores" (Escuela Stern de Negocios de la Universidad de Nueva York, 2000: 13).

²⁴ Alonso & Arcos, Valor en Riesgo: Evaluación del desempeño de diferentes metodologías para 7 países latinoamericanos, 2006, pág. 8.

3. El enfoque asume que la historia se repite. Es decir, el comportamiento será similar al de periodos anteriores.

2.2 Método varianza-covarianza

El método varianza-covarianza es un enfoque donde se asume que los rendimientos de cartera siguen distribución de probabilidad normal con media μ y varianza σ^2 constante en el tiempo. Es así como:

En donde μ es el rendimiento de la inversión, α es el nivel de confianza y σ^2 es la varianza estimada.

En general los pasos para el cálculo del VaR mediante el método varianza y covarianza son:

1. Se toman cada uno de los activos en una cartera y el mapa de esos activos en instrumentos más simples y estandarizados. Así, se correlaciona cada activo financiero en un conjunto de instrumentos que representan los riesgos del mercado. La matriz resultante puede ser usada para medir el valor en riesgo de cualquier activo que se expone a una combinación de estos riesgos de mercado.
2. Cada activo financiero es establecido como un conjunto de posiciones estandarizadas de instrumentos del mercado. Una vez que se identifican los instrumentos estandarizados que afectan al activo o activos en una cartera, se estiman las variaciones en cada uno de estos instrumentos y las covarianzas. Estas estimaciones, se obtienen al observar los datos históricos. Ellos son la clave para la estimación del VaR.
3. El Valor en Riesgo de la cartera se calcula utilizando los pesos de los instrumentos estandarizados calculados anteriormente y las varianzas y covarianzas en el paso 2.

2.3 Simulación Montecarlo

La simulación Montecarlo es una proyección del método varianza- covarianza. Esta simulación busca identificar el riesgo del portafolio y la conversión de cada activo que hace parte de ella en instrumentos estandarizados. En sí, se busca computar las varianzas y covarianzas de riesgo por medio de la simulación. En este método es

²⁵ Gento Maruenda, Ortega Dato, García, & Layrón, 2004, pág. 125.

necesario especificar una distribución de probabilidad para cada factor asignándole un respectivo movimiento en el mercado. Por medio ellas, se proyectan escenarios aleatorios que hacen referencia al futuro posible rendimiento del portafolio.

Con este proceso se busca tener una simulación de las carteras por medio de la selección de números aleatorios basándose en supuestos previos acerca de la correlación de los riesgos y sus respectivas volatilidades.

Este es el método más poderoso para calcular el VaR, ya que trata posiciones con comportamiento no lineal, considera el riesgo de volatilidad e incluso el riesgo del modelo, y facilita la información respecto a casos extremos. Por todo ello, se puede considerar que este es el método más completo para medir el riesgo de mercado, es más atractivo cuanto mayores sean las dimensiones del problema, puede tener en cuenta una amplia gama de riesgos y puede incorporar variación temporal en los parámetros, colas gruesas y escenarios extremos (Plascencia Cuevas, 2010: 33).

3. Desarrollo metodológico

Para ilustrar el proceso de cálculo del VaR mediante los métodos varianza covarianza y simulación Montecarlo, se genera un portafolio óptimo tomando nueve de las acciones más bursátiles de la Bolsa de valores de Colombia a saber:

1. Ecopetrol
2. Isagen
3. ISG (Integral Solutions Group)
4. PRU (Sistemas de depuración de aguas residuales)
5. IMI
6. Banco Industrial Colombiano
7. Argos
8. Empresa de energía eléctrica de Bogotá
9. NCH Corporation.

El periodo considerado para efectuar el estudio está comprendido desde el 9 de febrero de 2010 hasta el 28 de junio de 2013. Para cada uno de los activos se le calculó el rendimiento y los resultados obtenidos fueron leídos en el software R, para que este generara la frontera eficiente y determinara la composición de un portafolio óptimo. Para dar una mayor claridad suponga lo siguiente:

Al poseer acciones de Bavaria, EPM y del Banco Santander, usted tiene una cartera conformada por tres tipos de acciones. El rendimiento esperado de una cartera, es el promedio ponderado de los rendimientos esperados de las acciones individuales que conforman la cartera de acciones. En el caso de una cartera de acciones, con un portafolio debidamente seleccionado, se mitiga el riesgo, por ejemplo, dos acciones

pueden ser muy riesgosas individualmente, pero al combinarlas se puede mitigar el riesgo de ellas (Arias Montoya, Castaño Benjumea & Rave Arias, 2006: 227).

Las instrucciones generadas en R para leer la información, obtener el portafolio óptimo y los resultados dados por el programa se suministran en seguida aclarando que el texto en negrilla corresponde a instrucciones.

1. *Se borra toda la información:*

```
rm(list = ls())
```

2. *Se carga el paquete timeSeries para utilizar algunas instrucciones de él y la información que contiene:*

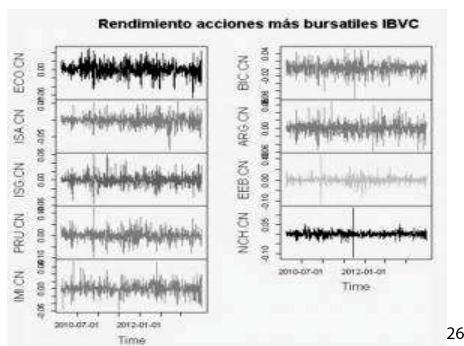
```
library(fPortfolio)
library(timeSeries)
```

3. *Se cargan los datos:*

```
Fron<-readSeries("Datos.csv",header=
T,sep=";",dec=",",format="%d/%m/%Y")
```

4. *Se grafica cada una de las acciones estudiadas:*

```
Grafico1 <- as.timeSeries(Fron)
plot(Grafico1, main= "Rendimiento acciones más bursatiles IBVC")
Data = Grafico1
```



26

²⁶ Elaboración propia con software R.

5. Se obtiene la matriz de covarianza por el método del determinante de covarianza mínimo (MCD):

```
covMcdEstimate <- covMcdEstimator(Fron)
fastCovMcdEstimator <- function(x, spec = NULL, ...)
covMcdEstimate
covMcdEstimate
```

```
RCE.CH
2.212401e-05

ISG.CH
ECO.CH 1.503723e-05 4.576550e-05 4.085614e-05 8.481804e-05 2.050576e-05 1.554562e-05 4.79750de-05 1.350975e-06
ISL.CH 4.576550e-05 1.628092e-04 3.806311e-05 5.475214e-05 4.499329e-05 2.591942e-05 5.991614e-05 1.726765e-05
ISG.CH 4.085614e-05 3.806311e-05 1.025571e-04 5.875461e-05 1.304306e-05 1.495183e-05 3.752448e-05 3.333187e-06
PRU.CH 6.482804e-05 5.475214e-05 5.975461e-05 4.580116e-04 3.897116e-05 5.294477e-05 6.213244e-05 5.399194e-06
IMI.CH 2.050576e-05 4.493329e-05 3.997116e-05 1.471932e-04 1.927971e-05 4.10961de-05 1.212841e-06
SIC.CH 1.554562e-05 1.511042e-05 1.95160e-05 5.294477e-05 1.527973e-05 1.827180e-04 2.629428e-05 9.305362e-06
ARG.CH 4.747530e-05 5.399194e-05 5.751243e-05 4.213244e-05 6.109610e-05 2.629428e-05 1.630976e-04 5.681131e-06
EEB.CH 1.0502979e-06 1.726765e-03 3.133187e-06 5.399194e-06 1.212541e-06 5.005362e-06 5.681131e-04 1.510907e-04
NCH.CH 1.233052e-05 2.090702e-05 3.749721e-05 4.560931e-05 1.712781e-05 1.478329e-05 5.544408e-05 1.163861e-05

NCH.CH
ECO.CH 2.235852e-05
ISL.CH 2.094702e-05
ISG.CH 1.749721e-05
PRU.CH 4.560931e-05
IMI.CH 1.712781e-05
```

6. Se establece el rendimiento y riesgo para diversas combinaciones de acciones:

```
covMcdSpec <- portfolioSpec()
setEstimator(covMcdSpec) <- "fastCovMcdEstimator"
setNFrontierPoints(covMcdSpec) <- 15
covMcdFrontier <- portfolioFrontier(data = Fron, spec = covMcdSpec)
print(covMcdFrontier)
```

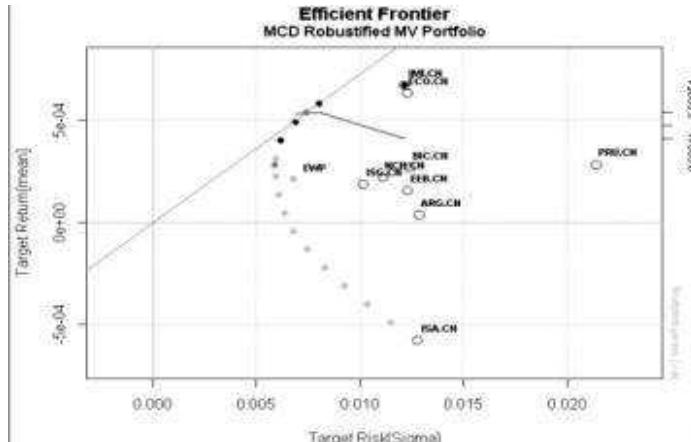
Portfolio Weights:									
ECO.CN	ISA.CN	ISG.CN	PRU.CN	IMI.CN	BIC.CN	ARG.CN	EEB.CN	NCR.CN	
1	0.0000	0.8803	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1038	0.0158	
4	0.0000	0.5317	0.0004	0.0000	0.0000	0.0537	0.0373	0.1658	0.1230
7	0.0000	0.1992	0.2020	0.0000	0.0205	0.1332	0.0671	0.1977	0.1803
10	0.3125	0.0021	0.1888	0.0000	0.1478	0.1440	0.0378	0.1981	0.1689
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Covariance Risk Budgets:									
ECO.CN	ISA.CN	ISG.CN	PRU.CN	IMI.CN	BIC.CN	ARG.CN	EEB.CN	NCR.CN	
1	0.0000	0.9714	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0256	0.0030	
4	0.0000	0.7433	0.0543	0.0000	0.0000	0.0251	0.0282	0.0891	0.0599
7	0.0000	0.2665	0.1945	0.0000	0.0149	0.1193	0.0692	0.1762	0.1594
10	0.1105	0.0021	0.1854	0.0000	0.1583	0.1458	0.0387	0.1925	0.1660
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Target Return and Risks:						
	mean	mu	Cov	Sigma	CVaR	VaR
1	-0.0005	-0.0005	0.0139	0.0115	0.0330	0.0244
4	-0.0002	-0.0002	0.0103	0.0063	0.0246	0.0185
7	0.0000	0.0000	0.0082	0.0064	0.0193	0.0141
10	0.0003	0.0003	0.0076	0.0059	0.0176	0.0122
14	0.0007	0.0007	0.0146	0.0121	0.0326	0.0221

7. Se obtiene el gráfico de la frontera eficiente:

```
tailoredFrontierPlot(covMcdFrontier,mText = "MCD Robustified MV Portfolio",risk = "Sigma")
```



27

8. Se especifica la entrada de la cartera y se define estimador:

```
Spec = portfolioSpec()
```

²⁷ Elaboración propia con software R.

```

Portfolio Weights:
ECO.CN ISA.CN ISG.CN PRU.CN IMI.CN BIC.CN ARG.CN EEB.CN NCH.CN
0.0465 0.1448 0.1874 0.0000 0.0388 0.1333 0.0534 0.2100 0.1858

Covariance Risk Budgets:
ECO.CN ISA.CN ISG.CN PRU.CN IMI.CN BIC.CN ARG.CN EEB.CN NCH.CN
0.0370 0.1845 0.1823 0.0000 0.0304 0.1256 0.0551 0.2067 0.1785

Target Return and Risks:
mean mu Cov Sigma CVaR VaR
0.0001 0.0001 0.0079 0.0079 0.0186 0.0133

```

9. Se generan portafolios óptimos para un rendimiento de 0.0012:

9.1 Para un rendimiento dado: Se define en la primera instrucción el rendimiento deseado y en la segunda se obtiene la composición de portafolio óptimo que determina este rendimiento:

```

Constraints= "LongOnly"
setTargetReturn(Spec) <- 0.00012
efficientPortfolio(Fron, Spec, Constraints)

```

```

Portfolio Weights:
ECO.CN ISA.CN ISG.CN PRU.CN IMI.CN BIC.CN ARG.CN EEB.CN NCH.CN
0.0465 0.1448 0.1874 0.0000 0.0388 0.1333 0.0534 0.2100 0.1858

Covariance Risk Budgets:
ECO.CN ISA.CN ISG.CN PRU.CN IMI.CN BIC.CN ARG.CN EEB.CN NCH.CN
0.0370 0.1845 0.1823 0.0000 0.0304 0.1256 0.0551 0.2067 0.1785

Target Return and Risks:
mean mu Cov Sigma CVaR VaR
0.0001 0.0001 0.0079 0.0079 0.0186 0.0133

```

10. Cálculo del valor en riesgo mediante un proceso de simulación empleando método no paramétrico de simulación. Debe recordarse que la expresión n que permite el cálculo viene dada por:

Se definen los valores iniciales. Rendimiento medio del portafolio, riesgo, valor invertido en el portafolio y se genera un millón de números aleatorios distribuidos normalmente.

Los precios de un activo se comportan de acuerdo a un proceso estocástico (movimiento geométrico Browniano).

```
rm(list=ls())
```

```

Media <- 0.0001
Desviacion <- 0.0079
Portafolio <- 50000000
Naleatorio <- cbind(rnorm(1000000,0,1))

```

11. Se establece el valor del portafolio:

```
Vrportafolio <- Portafolio + Portafolio*(Media + Desviacion*Naleatorio)
```

12. Se determina la variación del portafolio conformado:

```
Variacion <- Vrportafolio - Portafolio
```

13. Se obtiene las estadísticas básicas para el proceso de simulación:

```
summary(Variacion)
```

```

> summary(Variacion)
      V1
Min. : -1813971
1st Qu.: -262147
Median : 4786
Mean   : 4940
3rd Qu.: 271696
Max.   : 2033727

```

14. Se genera la distribución de frecuencias para las variaciones del portafolio al uno por ciento y se genera el histograma:

```

Percentiles <- cbind(c(quantile (Variacion, probs = seq (0, 1, 0.01 ))))
Percentiles

hist(Variacion, freq = FALSE, col= "BLUE", border = "red", nclass=15,
main = " Distribución para la simulación del Valor en Riesgo", xlab= "valor",
ylab= "Frecuencias")

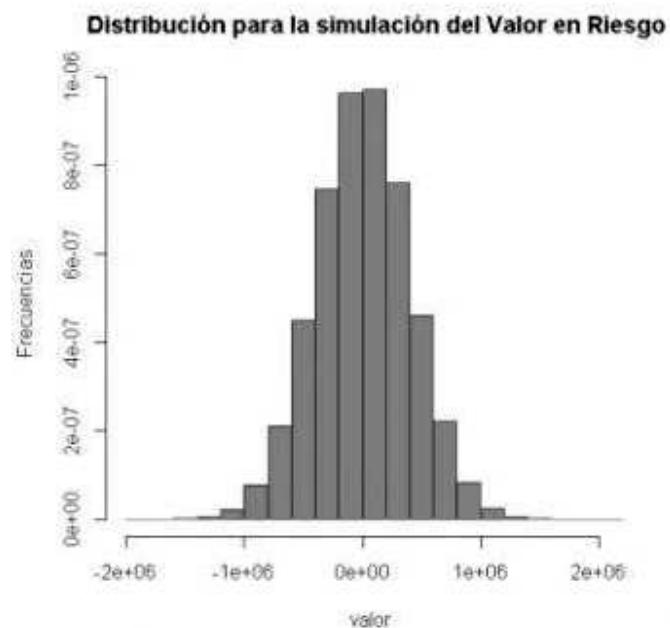
```

1%	-912560.514
2%	-805870.332
3%	-737933.928
4%	-686715.735
5%	-645011.334
6%	-609793.649
7%	-578413.261
8%	-550678.547
9%	-525046.849
10%	-501436.596
11%	-479500.292
12%	-459213.420
13%	-439789.586
14%	-421895.861
15%	-404684.883
16%	-387966.171
17%	-372169.330
18%	-357055.227
19%	-342190.245
20%	-328013.752
21%	-314078.280
22%	-300634.787
23%	-287408.360
24%	-274574.328
25%	-262146.463
26%	-249773.824
27%	-237745.869
28%	-225805.992

28

15. Se calcula el valor en riesgo para el 5%:

	[,1]
0%	-1813970.892
1%	-912560.514
2%	-805870.332
3%	-737933.928
4%	-686715.735
5%	-645011.334
6%	-609793.649
7%	-578413.261
8%	-550678.547



²⁸ Elaboración propia con software R.

16. Cálculo del valor en riesgo con un proceso paramétrico y por el método varianza covarianza. Se introducen los valores para rendimiento medio del portafolio, riesgo, valor del portafolio:

```
Media <- 0.0001
Desviacion <- 0.0079
Portafolio <- 50000000
```

17. Se determina el valor del riesgo para un nivel del 95% de confianza:

```
Cuantiles <- qnorm(c(0.95),mean = 0, sd = 1)
Var <- Portafolio * Cuantiles * Desviacion
Var

>
> Var <- Portafolio * Cuantiles * Desviacion
> Var
[1] 649717.2
> |
```

Comentarios finales

A pesar del uso de un método paramétrico y no paramétrico, se encuentran grandes similitudes en el hallazgo del VaR. Lo anterior se evidencia al comparar los resultados, en donde con un nivel de 95% de confianza las pérdidas máximas son las siguientes:

Método Montecarlo	Método Varianza-Covarianza
\$ 649.117,2	\$ 645.011,3

Con esto se puede afirmar que ambos métodos tienen una gran aproximación y en consecuencia podrían servir de referencia en el momento de inversión en el mercado accionario colombiano.

En el caso del método varianza-covarianza se encuentra que es fácil de calcular siempre y cuando se tenga una suposición de normalidad sobre los rendimientos; es decir, si existen valores extremos sobre los rendimientos reales, se esperaría que el valor del VaR sea mucho mayor.

También se deben tener en cuenta que el proceso posee tres características especiales que deben tenerse en cuenta al momento del análisis:

- a) Si existe la condición de distribución normal, el VaR calculado subestima otros factores de riesgo que se incurren al momento de la inversión. Es decir, si existen valores extremos en los datos usados, se esperaría que el riesgo fuera mucho más alto en comparación a la distribución normal de los mismos.
- b) Debido a que el VaR se estima a partir de datos históricos, prevalece un error de entrada asociado con la estimación de la matriz de varianza-covarianza.
- c) Las varianzas y covarianzas de la cartera cambian debido a que son variables no estacionarias. Por lo tanto la correlación entre las acciones de Isagen y la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, pueden cambiar si se presenta un periodo de sequía y al tiempo conlleva al rompimiento del VaR estimado.

Con respecto a la Simulación Montecarlo es necesario hacer énfasis en que el software R permite ejecutar un gran número de simulaciones lo que facilita tener una ejecución amplia. Es decir, se pueden usar diversos factores de riesgo y estudiar sus co-movimientos con amplitud. Según estudios realizados por la Escuela de Administración de Nueva York (2000: 18), es necesario realizar 1.073.741.824 simulaciones o más, para estimar los rendimientos con portafolios accionarios compuestos por diversas acciones del mercado.

Es así como Frye (1997: 45), plantea que una vía para reducir el número de simulaciones es hacer un análisis sobre el desarrollo de escenarios discretos previamente especificados en el sistema a usar.

Comparando las metodologías, el enfoque de varianza-covarianza es fácil de calcular si se hacen supuestos sobre las distribuciones de retorno de los activos estandarizados. El método de simulación de Monte Carlo permite la introducción de juicios subjetivos, requiere un fuerte software computacional y tiene una mayor flexibilidad con respecto a los supuestos de distribución.

En conclusión, se puede observar como el método varianza-covarianza y las simulaciones Montecarlo arrojan resultados muy similares, siempre y cuando los datos empleados tengan la misma consistencia y varianzas similares. Ambos métodos tienen elementos a tener en cuenta en el momento de calcular el riesgo, lo cual presenta un posible cambio subyacente con respecto a los datos observados. Es claro que aún no existe un método óptimo para el cálculo del Valor en Riesgo; sin embargo, los existentes pueden ser considerados como un punto de referencia para tomar decisiones a nivel financiero.

Referencias

- ALONSO, J. & ARCOS, M. (2006). Valor en Riesgo: Evaluación del desempeño de diferentes metodologías para 7 países latinoamericanos. (D. d.-U. ICESI, Ed.) *Borradores de Economía y Finanzas*, 8, 1-29.
- ALONSO, J. C., & SEMAÁN, P. (2009). Calculo del Valor en Riesgo y Perdida Esperada R: Empleando modelos con volatilidad constante. (D. d.-U. Icesi, Ed.) *Apuntes de Economía*, 21(ISSN 1794-029X), 1-15.
- ARBELAÉZ, L. & CEBALLOS, L. (2005). El valor en riesgo condicional CVaR como medida coherente de riesgo. *Revista Ingenierías*, 43-54. Recuperado de: <http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/articulos/16923324/2291368/2302410.pdf>
- ARIAS, L.; RAVE, S. & CASTAÑO, J. (2006). Metodologías para la medición del Riesgo Financiero en Inversiones. *Redalyc*, 275-278.
- CABEDO, J., & MOYA, I. (2003). El valor en riesgo de una cartera: una aproximación de simulación histórica. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 9(ISSN: 1135-2523), 229-250.
- COROMINAS, J. (1973). *Diccionario etimológico de la lengua castellana*. Madrid, España: Editorial Gredos.
- ESCUELA STERN DE NEGOCIOS DE LA UNIVERSIDAD DE NUEVA YORK. (2000). *Valor en Riesgo (VaR)*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2012, de <http://www.stern.nyu.edu/>: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/pdf/papers/VAR.pdf>
- FRYE, J. (1997). *Principios de Riesgo: Encontrando el Valor en Riesgo a través factores basados en los intereses*. Nations Banc-CRT.
- GENTO, P.; ORTEGA, J. F.; GARCÍA, G., & LAYRÓN, D. (2004). Alternativas estadísticas al cálculo del Valor en Riesgo. *Estadística Española*, 46(155), 119-148.
- JORION, P. (2000). *Valor en Riesgo*. Mexico, D.F.: Limusa.
- HARO, A. D. (2002). *Medición y control de riesgos financieros* (Vol. 2). México: Limusa.
- HOLTON, G. A. (Julio de 2002). *Historia de Riesgo Valor. Análisis de Contingencia*. Boston, Estados Unidos.

MASCAREÑAS, J. (2008). *Introducción al VaR*. Monografía sobre Finanzas Corporativas. Universidad Complutense de Madrid.
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/jmas/mon/29.pdf>

PLASCENCIA, T. (2010). *Valoración del Riesgo Utilizando Copulas como medida de la dependencia. Aplicación al sector financiero mexicano (2002-208)*. Tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid, España. Recuperado de:
<http://eprints.ucm.es/11121/1/T32093.pdf>