

VALUE AT RISK

METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO FINANCIERO

Amílcar Menichini*

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es estudiar una metodología de administración de riesgos financieros llamada *value at risk*. En particular, se describirá detalladamente una de sus formas de cálculo, la simulación histórica, y se aplicará a la medición del riesgo de una cartera de activos financieros.

Palabras claves: riesgos financieros - cálculo - dimensión del riesgo - metodología - simulación histórica.

ABSTRACT: *Value at Risk. Methodology for the Management of Financial Risk.*

This paper examines a methodology called "value at risk" for the management of financial risk. A detailed description of one of its forms of calculations known as "historical simulation" is provided and also applied to the assessment of risk in a portfolio of financial assets.

Keywords: financial risk - calculation - assessment of risk - methodology - historical simulation.

Introducción

Este documento tiene por finalidad describir una metodología de administración de riesgos financieros comúnmente conocida como *Value at Risk* (VaR), aplicando luego esta metodología a la evaluación de una cartera de acciones.

La relevancia que la metodología del VaR ha adquirido a nivel mundial y la escasa cantidad de trabajos locales que aborden el tema con profundidad, justifican la elaboración del presente texto.

El trabajo está organizado en cuatro secciones. En la primera, se describen los aspectos generales de la metodología, lo cual permitirá a los lectores tomar conciencia de su respectiva importancia actual y alcance. En la segunda, se describe la metodología de cálculo del VaR a través del enfoque de Simulación Histórica, el cual consiste en calcular el VaR a partir de distribuciones empíricas de cambios de valor en la cartera. La tercera sección incluye la aplicación de la metodología del VaR para medir el riesgo de una cartera de acciones del Merval. En la cuarta y última sección se brindarán las conclusiones finales del trabajo.

Los temas tratados en el presente documento pueden resultar útiles para orientar decisiones de colocación de fondos en activos riesgosos tanto para empresas privadas como públicas, especialmente aquellas vinculadas al sector financiero.

* *Amílcar Menichini:* es Contador Público Nacional por la UNR y profesor titular de la cátedra de Ingeniería Financiera de los Derivados y en la UCEL de Finanzas de Empresas. Es también Investigador Senior en la Bolsa de Comercio de Rosario.

I - Aspectos generales del Value at Risk

Orígenes del VaR

El VaR es una metodología cuya finalidad es medir cuánto puede perder una cartera en un período determinado de tiempo y con un nivel de confianza dada. El desarrollo del VaR se produjo por los resonantes desastres financieros ocurridos a comienzos de la década de los '90, como Orange County (Estados Unidos), Daiwa (Japón), Metallgesellschaft (Alemania), Barings (Reino Unido), entre muchos otros. La lección común aprendida de todos ellos es que miles de millones de dólares se pueden perder como consecuencia de un inadecuado control y administración de los riesgos financieros a los que se encuentran expuestas las instituciones.

La popularidad de esta metodología se produjo entonces por un conjunto de factores, entre los que se destacan:

- La presión de los organismos reguladores para mejorar los controles de los riesgos financieros.
- La globalización de los mercados financieros, la cual ha aumentado el número de factores de riesgo a los que se exponen las empresas.
- Los avances tecnológicos, los cuales han hecho posible la administración del riesgo a nivel global en la empresa.

Definición de Riesgo

El *Value at Risk* (VaR) es una metodología creada para administrar los riesgos financieros que acechan a las empresas. Para comprender correctamente los resultados proporcionados por el VaR resulta conveniente comenzar describiendo el concepto clave: *riesgo*. Steven Allen define el riesgo como “*la variabilidad de los resultados diferentes a los esperados*”¹. De esta definición se desprende que un activo es riesgoso cuando genera resultados diferentes de los esperados inicialmente. Estos resultados diferentes pueden ser mejores o peores que los esperados, es decir, forma parte del riesgo tanto una ganancia menor a la esperada como una ganancia mayor a la esperada.

Los riesgos financieros son aquellos que provienen de potenciales pérdidas en los mercados financieros. Por ejemplo: variaciones en los tipos de cambio, cambios en las tasas de interés y muchos otros. Estos son los riesgos que se intentan administrar con la metodología del VaR. Pueden subdividirse en:

- Riesgo de mercado: Surge de los movimientos en el nivel o volatilidad de los precios de mercado. Por ejemplo: variaciones en el precio de las acciones.
- Riesgo de crédito: Proviene de la posibilidad de que las contrapartes se nieguen o no puedan cumplir con sus obligaciones contractuales. Por ejemplo: downgrading de la deuda de una firma.

- Riesgo de liquidez: Este riesgo puede asumir dos formas:
 - Riesgo de liquidez de activos: cuando una operación no se puede realizar al precio de mercado debido al gran tamaño de la posición en relación al tamaño usual de las operaciones del mercado.
 - Riesgo de liquidez de fondos: posibilidad de no poder cumplir con las obligaciones de pago forzando una liquidación temprana de la posición.
- Riesgo operacional: Surge de errores o accidentes técnicos o humanos. Por ejemplo: pérdida de datos.
- Riesgo legal: Es el riesgo de que un contrato no se pueda hacer cumplir legalmente. Por ejemplo: la contraparte de un contrato de swap, insatisfecha por el resultado del mismo, recurre a la justicia para invalidarlo.

Definición del VaR

Phillipe Jorion define el VaR como “*la máxima pérdida esperada en un período de tiempo y con un nivel de confianza dados, en condiciones normales de mercado*”².

Esta definición es la más aceptada y puede interpretarse por partes del siguiente modo:

- La *máxima pérdida esperada* es la máxima cantidad de dinero que se espera que pueda perder una cartera de activos financieros. Por ejemplo: \$5 millones.
- El *período de tiempo* hace referencia al intervalo temporal durante el cual puede producirse la máxima pérdida esperada. Por ejemplo: una semana.
El período de tiempo a considerar debería ser el menor tiempo necesario para lograr alguno de los siguientes objetivos:
 - Liquidación de la cartera: es el tiempo necesario para realizar los activos incluidos en la cartera
 - Cobertura de la cartera: es el tiempo necesario para implementar una cobertura sobre los activos incluidos en la carteraPor ejemplo: si liquidar la cartera demanda 4 días y cubrirla requiere 2 días, se toman 2 días.
- El *nivel de confianza* es el porcentaje de confianza con que se puede esperar la máxima pérdida. Por ejemplo: 99% de confianza
- *Condiciones normales de mercado* significa que la metodología proporciona medidas de riesgo aceptables en períodos en que no se producen turbulencias financieras extremas.

De esta manera, un inversor con una cartera de \$1.000.000 en acciones del Merval podría concluir que el VaR diario de la misma es de \$10.000 con un nivel de confianza de 99%. Esto significaría que solo 1 de cada 100 días la cartera experimentaría una caída de valor igual o superior a \$10.000, en condiciones normales de mercado.

Formas de cálculo del VaR

Existen distintas formas de cálculo del VaR. Una clasificación muy importante las divide según la forma de valorar la cartera de activos riesgosos. En este sentido, se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Métodos de valuación local: el VaR se determina valuando la cartera una sola vez, en la posición inicial, y luego se usan derivadas parciales para inferir los posibles cambios de valor de la cartera. En este grupo se encuentra la forma de cálculo denominada Modelización o Varianza-Covarianza.
- Métodos de valuación completa: el VaR se determina valuando la cartera en todo un rango de escenarios posibles. En este grupo se encuentran las formas de cálculo denominadas Simulación Histórica y Simulación de MonteCarlo.

La clasificación anterior refleja un trade-off entre velocidad y exactitud. La velocidad de cálculo es importante cuando la cartera es muy grande y está expuesta a muchos factores de riesgo, los cuales involucran muchas correlaciones. En este caso, el enfoque de Modelización (valuación local) es apropiado. No obstante, cuando la cartera incluye muchos contratos no lineales, como las opciones, el enfoque de Modelización no es muy exacto en la medición del VaR. En estos casos es conveniente recurrir a la Simulación Histórica o a la Simulación de MonteCarlo (valuación completa). Estos enfoques mejoran notoriamente la exactitud de cálculo del VaR, pero a costa de una considerablemente mayor lentitud.

Las tres formas mencionadas de cálculo del VaR son muy utilizadas por empresas tanto financieras como no financieras, no existiendo un consenso general sobre cuál de ellas es la mejor en términos absolutos. Cada una tiene ventajas y desventajas relativas, por lo que las firmas suelen utilizar las tres al mismo tiempo, al menos las líderes en el campo de la administración de riesgos. Este trabajo se limitará a describir la metodología de cálculo del VaR a través del enfoque de Simulación Histórica e implementarla para medir el riesgo de una cartera de acciones del Merval.

II – Metodología del Value at Risk

La metodología del VaR consiste en una serie de pasos estructurados cuyo cumplimiento permite llegar a la medida del VaR.

Etapas de cálculo del VaR

El cálculo del VaR se divide en dos etapas:

1. Definiciones previas: son las definiciones iniciales necesarias para poder realizar el cálculo del VaR.
2. Medición del VaR: consiste en medir el VaR empleando la forma de cálculo elegida.

Definiciones previas

Las definiciones previas son aquellas que deben hacerse independientemente de la forma de cálculo del VaR elegida. Estas son:

- Determinar el período de tiempo que cubrirá el VaR. Por ejemplo: un día, una semana, un mes, etc.
- Determinar el nivel de confianza que proporcionará el VaR. Por ejemplo: 95% de confianza, 99% de confianza, etc.
- Determinar el valor de mercado de la cartera actual. Por ejemplo: \$1.000.000.
- Identificar las variables de mercado que constituyen los factores de riesgo a los que está expuesta la cartera. Típicamente son los tipos de cambio, tasas de interés, precios de las acciones, etc.

Medición del VaR

En esta etapa se selecciona la forma de cálculo del VaR y se procede a su medición. La Simulación Histórica utiliza datos históricos para determinar el importe del VaR, es decir, intenta anticiparse a lo que puede ocurrir en el futuro a partir de datos pasados recientes. El objetivo es medir el VaR a partir de una distribución empírica de cambios de valor de la cartera.

La Simulación Histórica requiere el cumplimiento secuencial de los siguientes pasos:

- Obtener los precios de las variables de mercado identificadas como factores de riesgo en un período de tiempo inmediato anterior. Por ejemplo: el tipo de cambio de los últimos 200 días. En el Cuadro 1 se pueden observar los precios en un período de N días de los t factores de riesgo identificados. El día cero es el más lejano hacia atrás en el tiempo mientras que el día N es el día de hoy. La variable a podría ser el tipo de cambio, la variable b el precio de una acción, etc.

Cuadro 1. Precios diarios de los factores de riesgo

Día	Precios de la variable a	Precios de la variable b	...	Precios de la variable t
0	Pa_0	Pb_0	...	Pt_0
1	Pa_1	Pb_1	...	Pt_1
2	Pa_2	Pb_2	...	Pt_2
...
N-1	Pa_{N-1}	Pb_{N-1}	...	Pt_{N-1}
N	Pa_N	Pb_N	...	Pt_N

- Calcular las variaciones porcentuales diarias de los valores de todos los factores de riesgo. Estos retornos se exhiben en el Cuadro 2 con la letra r.

Cuadro 2. Retornos diarios de los factores de riesgo

Día	Variaciones porcentuales de la variable a	Variaciones porcentuales de la variable b	...	Variaciones porcentuales de la variable t
0	-	-	-	-
1	$ra_1 = \frac{Pa_1}{Pa_0} - 1$	$rb_1 = \frac{Pb_1}{Pb_0} - 1$	...	$rt_1 = \frac{Pt_1}{Pt_0} - 1$
2	$ra_2 = \frac{Pa_2}{Pa_1} - 1$	$rb_2 = \frac{Pb_2}{Pb_1} - 1$	...	$rt_2 = \frac{Pt_2}{Pt_1} - 1$
...
N-1	$ra_{N-1} = \frac{Pa_{N-1}}{Pa_{N-2}} - 1$	$rb_{N-1} = \frac{Pb_{N-1}}{Pb_{N-2}} - 1$	...	$rt_{N-1} = \frac{Pt_{N-1}}{Pt_{N-2}} - 1$
N	$ra_N = \frac{Pa_N}{Pa_{N-1}} - 1$	$rb_N = \frac{Pb_N}{Pb_{N-1}} - 1$	...	$rt_N = \frac{Pt_N}{Pt_{N-1}} - 1$

- Aplicar los retornos diarios al valor corriente de cada activo y sumarlos. El resultado de la suma es la variación de valor de la cartera en ese día. Esto nos proporciona N escenarios alternativos sobre lo que podría ocurrir de hoy para mañana con el valor de la cartera. En el Cuadro 3 se muestran los cambios de valor diarios de la cartera. Con la letra V se simboliza el valor de la posición en cada activo al cierre del día de hoy. Con la letra C se simboliza el valor de la cartera.

Cuadro 3. Variaciones de valor diarias de la cartera

Día	Cambios de valor del activo a	Cambios de valor del activo b	...	Cambios de valor del activo t	Cambios de valor de la cartera
0	-	-	-	-	-
1	$\partial Va_1 = ra_1 * Va$	$\partial Vb_1 = rb_1 * Vb$	...	$\partial Vt_1 = rt_1 * Vt$	$\partial C_1 = \sum_{i=1}^t \partial Vi_1$
2	$\partial Va_2 = ra_2 * Va$	$\partial Vb_2 = rb_2 * Vb$	...	$\partial Vt_2 = rt_2 * Vt$	$\partial C_2 = \sum_{i=1}^t \partial Vi_2$
...
N-1	$\partial Va_{N-1} = ra_{N-1} * Va$	$\partial Vb_{N-1} = rb_{N-1} * Vb$	...	$\partial Vt_{N-1} = rt_{N-1} * Vt$	$\partial C_{N-1} = \sum_{i=1}^t \partial Vi_{N-1}$
N	$\partial Va_N = ra_N * Va$	$\partial Vb_N = rb_N * Vb$	...	$\partial Vt_N = rt_N * Vt$	$\partial C_N = \sum_{i=1}^t \partial Vi_N$

- Ordenar los cambios diarios de valor de la cartera de menor a mayor. Esto define una distribución de probabilidad de las variaciones diarias de valor de la cartera que se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Variaciones diarias de valor de la cartera ordenadas de menor a mayor

Categoría de Variación	Orden	Cambios de valor de la cartera
Peor	1	∂C_1
Creciente ↓	2	∂C_2

	N-1	∂C_{N-1}
Mejor	N	∂C_N

Siendo: $\partial C_1 < \partial C_2 < \dots < \partial C_{N-1} < \partial C_N$

- Seleccionar la variación que se corresponde con el nivel de confianza que se desea tener – llamada variación de corte. Por ejemplo: si hay 200 observaciones y se desea tener un 99% de confianza se tomará el segundo peor cambio de valor ($1\% / 200 = 2$). El importe obtenido es el VaR.

Ventajas y problemas de la Simulación Histórica

Entre las ventajas de este enfoque se pueden destacar:

- Simple de implementar: una vez obtenidos los datos históricos el cálculo del VaR se realiza de manera directa, evitando estimar la matriz de covarianzas, lo cual es un trabajo importante cuando la cartera es grande.
- Valuación completa: tiene en cuenta las no linealidades de ciertos contratos y no necesita hacer supuestos de distribuciones de probabilidad.
- Horizonte temporal: los retornos se calculan para el período de tiempo elegido para el VaR, no siendo necesario hacer agregaciones temporales de las volatilidades.

Entre las desventajas de este enfoque se encuentran:

- Historia suficiente: no siempre se cuenta con suficientes datos históricos, lo cual deriva en cálculos inexactos del VaR.
- Única muestra: los datos históricos permiten realizar una sola simulación suponiéndose que el pasado reciente representa el futuro inmediato bastante bien.
- Ponderación de la muestra: este enfoque pondera del mismo modo a todos los datos de la muestra, es decir, tienen igual importancia los datos más recientes y los más antiguos.

III – Aplicación de la Metodología del VaR

Supongamos que un administrador de fondos privados desea informar a sus clientes una medida del riesgo de sus inversiones. Específicamente, desea informales cuánto pueden llegar a perder de un día para el otro. Según lo visto, la aplicación del VaR a la cartera permitiría obtener tal información; el análisis se hará a través del enfoque de la Simulación Histórica.

Supongamos además, que la cartera armada por el administrador de fondos está compuesta por diez acciones que cotizan diariamente en la Bolsa de Comercio de Buenos Aires formando parte del índice Merval. Cada acción tiene una participación de 10% en el valor total de la cartera, en el Cuadro 5 se exhiben las acciones incluidas.

Cuadro 5. Acciones incluidas en la cartera armada por el administrador de fondos

Acciones de la cartera	
Banco Galicia	Tenaris
Petrobrás	Aluar
Acindar	Banco Francés
Bansud	Transportadora de Gas del Sur
Telecom	Molinos Río de la Plata

Descripta la composición de la cartera, corresponde continuar con las etapas de cálculo del VaR señaladas en la sección anterior.

Etapas de cálculo del VaR

Definiciones previas

Se procederá a realizar las definiciones previas e independientes de la forma de cálculo del VaR elegida. Estas son:

- Período de tiempo: dado que la cartera se podría liquidar en un día, el período de tiempo que cubrirá el VaR será de un día.
- Nivel de confianza: el nivel de confianza deseado es de 99%. Se desea que las pérdidas de valor de la cartera solo sean mayores a las predichas por el VaR el 1% de los días.
- Valor de mercado de la cartera: el valor de mercado corriente de la cartera es de \$10.000.000. Consecuentemente, cada una de las diez acciones participa en la cartera con un valor de \$1.000.000 (10% cada una).
- Factores de riesgo: dado que la cartera está compuesta solo por acciones, los únicos factores de riesgo que afectan la cartera son los precios de tales acciones.

Medición del VaR

En segundo lugar se elige una forma de cálculo del VaR y se aplica a la cartera. En esta

oportunidad se utilizará la simulación histórica para calcular el VaR. Requiere el cumplimiento secuencial de una serie de pasos que fueron ejecutados en la planilla de cálculo Microsoft Excel®. A continuación se exhiben los resultados:

- Los factores de riesgo son los precios de las acciones comprendidas por la cartera. Los datos históricos a obtener son las series de precios de cierre de tales acciones, los cuales fueron obtenidos del sitio web www.bolsar.com.ar para el período 01/01/03 – 31/07/04 (394 precios de cierre para cada acción). En el Cuadro 6 se pueden observar los precios en un período de 394 días de los 10 factores de riesgo identificados.

Cuadro 6. Precios diarios de los factores de riesgo

Día	Precios de Banco Galicia	Precios de Petrobrás	...	Precios de Molinos Río de la Plata
02/01/03	0,662	2,210	...	0,400
03/01/03	0,697	2,270	...	0,410
06/01/03	0,759	2,320	...	0,460
...
29/07/04	1,520	2,930	...	0,474
30/07/04	1,540	2,940	...	0,470

- En el Cuadro 7 se muestra el cálculo de las variaciones porcentuales diarias de los precios de las acciones. Dado que hay 394 precios de cierre para cada acción, se obtienen 393 retornos para cada acción.

Cuadro 7. Retornos diarios de los factores de riesgo

Día	Retornos de Banco Galicia	Retornos de Petrobrás	...	Retornos de Molinos Río de la Plata
02/01/03	-	-	-	-
03/01/03	5,29%	2,71%	...	-0,62%
06/01/03	8,90%	2,20%	...	1,04%
...
29/07/04	-0,65%	2,09%	...	0,28%
30/07/04	1,32%	0,34%	...	0,57%

- Los retornos diarios se aplican al valor corriente de cada acción (\$1.000.000) y se suman. El resultado de la suma es la variación de valor de la cartera en ese día. Esto nos proporciona 393 escenarios históricos alternativos sobre lo que podría ocurrir de hoy para mañana con el valor de la cartera. En el Cuadro 8 se muestran los cambios de valor diarios de la cartera.

Cuadro 8. Variaciones de valor diarias de la cartera

Día	Cambios de valor de Acindar	Cambios de valor de Petrobrás	...	Cambios de valor de Molinos Río de la Plata	Cambios de valor de la cartera
02/01/03	-	-	-	-	-
03/01/03	\$52.870,09	\$27.149,32	...	-\$6.185,57	\$285.850,41
06/01/03	\$88.952,65	\$22.026,43	...	\$10.373,44	\$538.278,10
...
29/07/04	-\$6.535,95	\$20.905,92	...	\$2.840,91	\$60.743,99
30/07/04	\$13.157,89	\$3.412,97	...	\$5.665,72	\$135.717,90

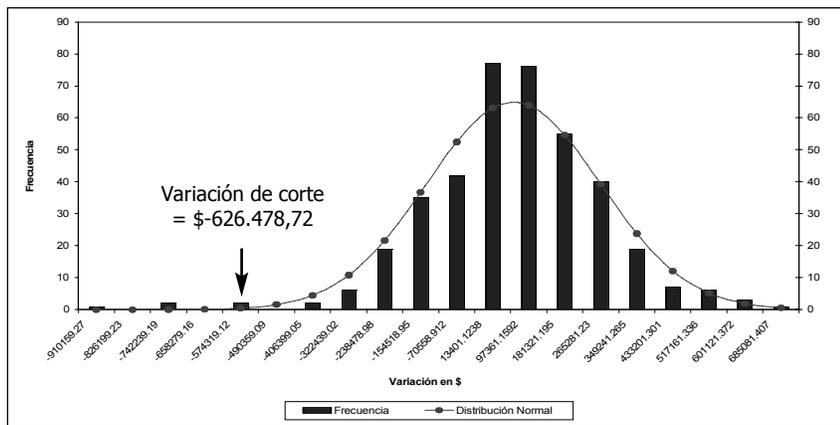
- A continuación se ordenan los cambios diarios de valor de la cartera de menor a mayor definiéndose una distribución de probabilidad de las variaciones diarias de valor de la cartera. En el Cuadro 9 se exhiben estos cambios ordenados y en el Gráfico 1 se puede observar la distribución empírica de cambios de valor.

Cuadro 9. Variaciones diarias de valor de la cartera ordenadas de menor a mayor

Categoría de Variación	Orden	Cambios de valor de la cartera
Peor ↓ Creciente	1	-\$910.159,27
	2	-\$825.748,90
	3	-\$752.856,37
	4	-\$626.478,72

	N-1	\$552.451,69
Mejor	N	\$685.081,41

Gráfico 1. Distribución de variaciones de valor de la cartera



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del sitio web www.bolsar.com.ar

En el Gráfico 1 se observa la distribución empírica (barras azules) y la distribución normal de variaciones de valor de la cartera (línea roja). Se puede observar que la distribución empírica es bastante similar a la normal, excepto por algunos movimientos extremos (*outliers*) hacia el lado negativo que no se corresponden con esta última.

- Finalmente, se selecciona la variación de corte que es aquella que se corresponde con el nivel de confianza que se desea tener. En la muestra hay 393 observaciones y se definió un nivel de confianza de 99% por lo que la variación de corte será el cuarto peor cambio de valor ($1\% \text{ s/ } 393 \cong 4$).

En el Cuadro 9 se busca el cuarto peor cambio de valor (en rojo) y el importe encontrado es \$ -626.478,72, el cual es la medida del VaR y representa aproximadamente un 6,26% del valor de la cartera. En el Gráfico 1 se indica la variación de corte en la distribución empírica.

Es posible entonces que el administrador de fondos informe a sus clientes que *“la máxima pérdida que puede sufrir la cartera de acciones de un día para el otro con una confianza de 99% es el 6,26% de su valor, en condiciones normales de mercado”*.

En otras palabras, el administrador de fondos podría decirle a sus clientes que como máximo en 1 de cada 100 días la cartera podría perder 6,26% o más de su valor.

IV – Conclusión

Los desastres financieros ocurridos en la década de los '90 constituyeron el motivo por el que se desarrolló la metodología de administración de riesgos financieros denominada Value at Risk (VaR).

El objetivo de la misma es medir el riesgo de una cartera de activos determinando cuánto puede llegar a perder la cartera en un período de tiempo y con un nivel de confianza dados, en condiciones normales de mercado.

Existen distintas formas de calcular el VaR y cada una de ellas tiene ventajas y desventajas relativas. Una de las más utilizadas es la Simulación Histórica, la cual consiste en tratar de anticipar lo que le puede llegar a ocurrir a la cartera en el futuro cercano a partir de la historia reciente. Este enfoque es el más sencillo de implementar y consiste en determinar las variaciones históricas de valor de la cartera, luego ordenarlas en forma creciente de la peor a la mejor y finalmente elegir aquel cambio de valor que se ubique en el percentil correspondiente al nivel de confianza elegido. El valor así encontrado es el importe del VaR de la cartera.

Recibido: 12/08/04. Aceptado: 16/09/04

NOTA

¹ Ver ALLEN, S. (2003).

² Ver JORION, P. (2000).

BIBLIOGRAFÍA

ALLEN, S. *Financial Risk Management*. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, Inc., 2003.

JORION, P. *Financial Risk Manager Handbook*. Hoboken (New Jersey), John Wiley & Sons, Inc., 2003.

JORION, P. *Value at Risk*. New York, McGraw-Hill, 2000.