

# Crisis financieras y gestión del riesgo de mercado



**José Ramón Aragonés**  
Universidad Complutense  
de Madrid



aragones.jr@ccee.ucm.es

**Carlos Blanco**  
Managing Director  
Black Swan Risk  
Advisors,LLC



carlos@blackswanrisk.com

Los modelos de valor en riesgo (VeR) han demostrado en los últimos años ser valiosos instrumentos de cara a la medición y gestión del riesgo de mercado. Sin embargo, su excesiva dependencia de hechos históricos o hipótesis de partida poco verosímiles hace que en muchas ocasiones pueden fallar cuando son más necesarios, esto es, en movimientos extremos de mercado que podrían provocar pérdidas muy importantes.

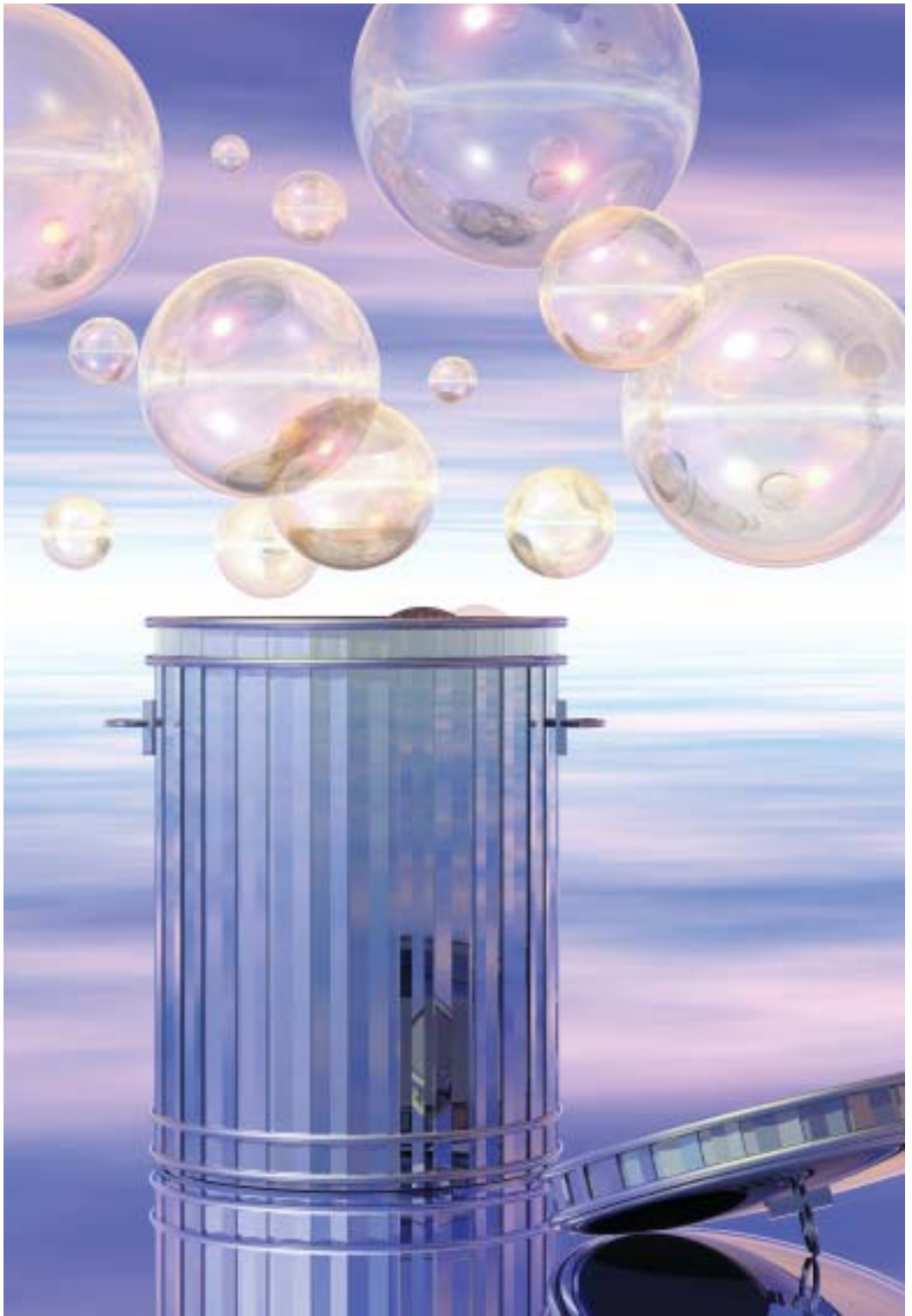
Lo que realmente determina la efectividad de un sistema de VeR para la gestión del riesgo de la institución, no son únicamente los números resultantes del análisis del VeR, sino la calidad de los procesos impuestos para controlar y gestionar el riesgo. Podemos pensar en el VeR como un método necesario, pero no suficiente, debido a que presenta una serie de limitaciones que deben ser corregidas para implantar un sistema eficiente de control del riesgo de mercado en la institución.

Los modelos de VeR calculan la probabilidad de que las pérdidas superen una determinada cota para un nivel de confianza y período concreto. No obstante, el VeR ofrece una información limitada sobre la estructura de la cola de la distribución de pérdidas esperadas. El VeR no alcanza a dar respuesta a una pregunta fundamental como es, ¿cuánto podemos perder por encima de nuestra estimación del VeR?.

En la práctica, los gestores de riesgos han tenido que basar su análisis en una serie de hipótesis más o menos realistas para caracterizar la posible evolución de los mercados financieros pero que en muchos casos son muy dudosas. Una de las más utilizadas en finanzas es que las rentabilidades de la cartera siguen una distribución normal, en donde los valores extremos tienen un papel muy poco significativo en su determinación.

## RESUMEN DEL ARTÍCULO

En este trabajo mantenemos que para medir y gestionar el riesgo bajo condiciones extremas es necesario utilizar medidas "coherentes" de riesgo como la pérdida esperada de la cola; el uso de técnicas de medición de movimientos extremos como la teoría del valor extremo y un sistema de contraste de tensión que tenga en cuenta las interrelaciones de los factores de riesgo en las colas de la distribución y pueda ser incorporado a los modelos tradicionales de medición del riesgo.



#### EXECUTIVE SUMMARY

In order to measure and manage risk under extreme market conditions, it is necessary to use "coherent" risk measures such as Expected Tail Loss, the right statistical estimation techniques for extreme events such as Extreme Value Theory, and introduce stress tests that take into account the correlation structure of different markets under extreme conditions, and can be integrated in the traditional risk measurement models.

Sin embargo, empíricamente la distribución de los rendimientos de la mayoría de los activos financieros muestran colas anchas o leptocurtosis con respecto a lo esperado por la distribución normal. Este hecho ha sido contrastado en multitud de ocasiones para distintos mercados financieros y diferentes períodos ..

Algunos acontecimientos recientes en los mercados energéticos y financieros han resaltado ciertas limitaciones en varios modelos (y gestores) de riesgo de mercado; particularmente en su capacidad de proporcionar suficiente información sobre acontecimientos extremos que podrían provocar fuertes pérdidas.

Para incorporar los acontecimientos extremos a la valoración del riesgo debemos definir un marco más flexible que permita superar las limitaciones de los modelos más tradicionales de gestión de riesgo de mercado; en concreto, debemos permitir:

- El cálculo de medidas de riesgo más allá del VeR.
- Introducir otro tipo de análisis y herramientas que no dependan exclusivamente de comportamientos pasados y series históricas.
- Incorporar la experiencia y juicio del gestor de riesgos y otros expertos de cada institución.

### Tendencias recientes en el análisis de acontecimientos extremos

A continuación expondremos algunos aspectos que consideramos fundamentales para un correcto análisis de acontecimientos extremos. En primer lugar nos encontramos con la elección de una medida del riesgo adecuada. El VeR y la desviación estándar suponen un buen punto de partida, pero se centran excesivamente en un determinado percentil de la distribución prevista de pérdidas y ganancias y, por lo tanto, no ofrecen excesiva información de la estructura del riesgo en la cola. Propondremos medidas alternativas para medir de forma más eficiente el riesgo de la cola.

Otro componente fundamental es el que hace referencia a los escenarios que reflejan posibles estados de la realidad y, a este respecto, argumentaremos que los métodos tradicionales de generar escenarios (simulación histórica, Monte Carlo, etcétera) posiblemente sean incompletos a la hora de identificar y ponderar acontecimientos extremos. Por lo tanto sería fundamental que el gestor de riesgos incorpore otras fuentes de información a la hora de generar los escenarios. Los gestores de riesgos deberían asegurarse que los modelos de riesgo incorporan toda la información disponible sobre la posible evolución de los mercados en cada momento y prestar especial atención a señales de alarma que puedan ser indicadores de crisis en ciertos mercados. Para ello, es necesario contar con especialistas que demuestren de un profundo conocimiento del mercado y asegurarse que

*Otro  
componente  
es el que hace  
referencia a los  
escenarios que  
reflejan posibles  
estados de  
realidad*

la empresa tiene planes de contingencia que permita mitigar los efectos negativos de tal situación.

### 1. La pérdida esperada de la cola (PEC) y otras medidas del "riesgo de cola"

Como hemos indicado antes, el VeR supone un instrumento valioso para la gestión de riesgos, pero no nos aporta información sobre lo que puede suceder si las pérdidas superan el VeR; la pérdida esperada de la cola sí nos ofrece un indicador de lo que podemos esperar cuando llegan los "malos tiempos".

La pérdida esperada de la cola está ganando terreno rápidamente entre los gestores de riesgo de mercado como medida complementaria al VeR. La PEC nos proporciona una medida de la pérdida media que podemos esperar una vez superado el VeR y, por lo tanto, supone un oportuno complemento al VeR para proporcionar conjuntamente una visión más completa de perfil de riesgo de la cartera.

Como señala el profesor Dowd: "Al contrario que el VeR, la pérdida esperada de la cola satisface las condiciones necesarias de una medida de riesgo coherente los gestores que aún continúan utilizando el VeR deberían considerar seriamente la posibilidad de cambiarse"<sup>2</sup>. Por su parte, Artzner et al. desarrollan una teoría sobre medidas de riesgo coherentes y concluyen que la pérdida esperada de la cola satisface las condiciones requeridas mientras que en el caso del VeR no es así.

También podemos utilizar el VeR y la PEC para generar medidas adicionales del riesgo de la cartera como pueden ser:

- PEC/VeR como medida del tamaño de la cola.
- Pérdida esperada de la cola/Ganancia esperada de la cola, como medida de la asimetría de la cola.

El análisis del VeR y la PEC a través de las distintas metodologías puede proporcionar un conocimiento profundo sobre los supuestos del mercado y de la cartera que encubre cada una de las metodologías. Por ejemplo, estrategias con opciones a corto presentan un riesgo ilimitado que no refleja adecuadamente el VeR. Sin embargo, a través de los dos indicadores señalados, podemos obtener una clara medida del tamaño o magnitud del riesgo de la cola y de la asimetría entre los posibles resultados de la estrategia (teniendo en cuenta tanto las pérdidas como ganancias esperadas).

### 2. Teoría del valor extremo

La teoría del valor extremo es una parte muy especializada de la estadística que intenta aprovechar al máximo la poca información disponible en las colas de la distribución. La contribución principal de la teoría del valor extremo de cara a la gestión de riesgo de mercado es que se centra en el aná-

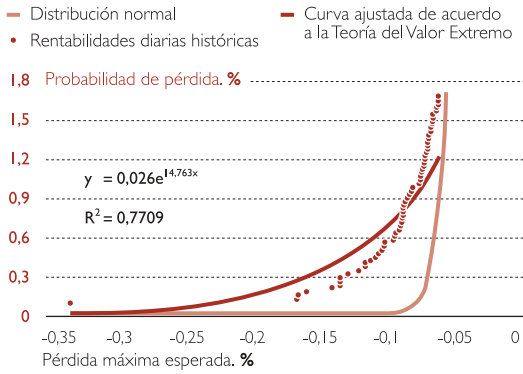
#### PALABRAS CLAVE

Riesgo de Mercado, Valor en Riesgo, Contraste de Tensión, Teoría del Valor Extremo, Métodos de simulación.

#### KEY WORDS

Market risk, Value at Risk, Stress test, Extreme Value Theory, Simulation methods.

**Ilustración de la teoría del valor extremo**



lisis de los acontecimientos extremos en lugar de toda la distribución de rendimientos y, por lo tanto, proporciona una valoración más adecuada de la cola de la distribución.

La estimación de acontecimientos con información limitada es tremendamente compleja, y estas dificultades aumentan conforme los acontecimientos objeto del estudio son menos y menos frecuentes; según McNeil: "En cierto sentido, nunca es posible tener suficientes observaciones a la hora de llevar a cabo el análisis del valor extremo. ... nuestra inferencia sobre la cola de la distribución es menos cierta,

debido a que solamente unas cuantas observaciones forman parte de la región de la cola. ... [Además] la inferencia es muy sensible a la máxima pérdida observada y la introducción de nuevas pérdidas extremas en la muestra puede tener un efecto importante".

No obstante, a lo largo de los años, se ha conseguido progresar de forma considerable; el resultado es la Teoría del Valor Extremo (TVE), un enfoque que se centra en valores extremos en vez de la muestra completa. El principal punto de apoyo de este tipo de enfoque es el "Teorema del Valor Extremo", que nos indica que las distribuciones extremas, en el límite, siempre tiene la misma forma independientemente de la distribución de la variable subyacente a partir de la que se extraen dichas rentabilidades. Este hecho está relacionado con el teorema central del límite pero aplicado a las observaciones extremas en vez de a las medias y nos permite estimar la distribución asintótica de los valores extremos sin necesidad de tener que imponer hipótesis sobre la distribución original. Por lo tanto, nos ofrece información sobre cómo deberíamos estimar el VeR y la PEC, pero, además, nos permite cuantificar la precisión de los estimadores a través de intervalos de confianza; de este modo, la TVE nos proporciona una aproximación natural al problema de la estimación del VeR y la PEC para niveles de confianza extremos.

El principal problema de este enfoque, pues, es que se dispone de un número limitado de acontecimientos extremos con los cuales formar la muestra para estimar la forma funcional. Si disponemos de una o dos observaciones anuales, el tamaño de la muestra necesaria para llevar a cabo la inferencia estadística con cierto grado de certeza debería ser de varios años.

En el gráfico anterior podemos comprobar las diferencias entre los ajustes realizados por la distribución normal y la curva ajustada a través de la forma funcional que propone la teoría del valor extremo, respecto a las probabilidades históricas observadas. La principal aportación de este enfoque es que se basa en los acontecimientos extremos para intentar caracterizar el

*Las técnicas para complementar el valor en riesgo suelen mostrar un alto grado de subjetividad*

comportamiento de las rentabilidades extremas del activo o cartera, y por lo tanto no presenta tanta dependencia de los valores centrales como otros métodos permitiendo así un mejor ajuste a las observaciones extremas.

### **3. Integración de contrastes de tensión en el modelo general de riesgo de mercado**

El contraste de tensión consiste en especificar una serie de escenarios de posibles movimientos de precios y analizar el comportamiento esperado de la cartera ante cambios extremos en los factores subyacentes de riesgo que determinan su valor. Ahora bien, las técnicas para complementar el valor en riesgo suelen mostrar un alto grado de subjetividad y por ello corresponde al gestor de riesgos seleccionar escenarios que reflejen fielmente situaciones plausibles en función de la cartera analizada.

Los contrastes de tensión pueden proporcionar información muy valiosa respecto a la exposición al riesgo que complemente las limitaciones de los modelos VeR especialmente los riesgos asociados con acontecimientos extremos. Este tipo información puede ser incorporada a la planificación estratégica, asignación de recursos, cobertura de riesgos y otras decisiones fundamentales.

Sin embargo, el contraste de tensión tradicionalmente se ha realizado de forma aislada de manera que sus resultados son evaluados paralelamente a los obtenidos por los modelos tradicionales de valoración de riesgo del mercado. Esto supone un problema para la dirección y para los gestores de riesgos que tendrán que elegir cuál de los resultados con respecto a su exposición al riesgo "creer". Además, se enfrentará a la duda de hasta qué punto dar verosimilitud a los resultados del análisis de tensión sin tener ninguna noción de cómo son de creíbles o de probables los escenarios que se han tenido en cuenta.

La esencia del contraste de tensión, por lo tanto, será la creación de escenarios redefinidos que al ser introducidos en un algoritmo de cálculo reproduzca estimaciones sobre pérdidas y ganancias esperadas para cada uno de los escenarios. Existen tres tipos de contraste de tensión principales, a saber:

- Escenarios históricos. Este tipo de análisis tiende a considerar movimientos extremos del mercado como pueden ser el "crash" en la renta variable en octubre de 1987, u otros acontecimientos extremos en los mercados en los que opere la institución. En este caso simulamos el efecto hipotético en las pérdidas y ganancias de nuestra cartera actual si se produjeran acontecimientos históricos como los descritos.
- Escenarios predefinidos por el comité de riesgos. Basándonos en las condiciones del mercado podemos definir una serie de movimientos extremos en los mercados que fueran factibles en la práctica. Podemos simular el impacto en los resultados de una cartera de un movimiento de  $x$  desvia-





ciones típicas en un determinado índice bursátil; una variación de un y% en el tipo de cambio de una divisa en concreto o, de un desplazamiento de z p. b. en la curva de tipos de interés.

- Búsqueda automática. Mediante unas rutinas automáticas se calculan pérdidas y ganancias para cambios predeterminados en una serie de factores de riesgo y obtenemos el resultado para el peor escenario posible .

En una encuesta sobre la utilización de los contrastes de tensión realizada por el departamento de mercados financieros del Banco de Japón y publicada a finales de 2002, algunos de los resultados más significativos fueron los siguientes:

De un total de 166 escenarios analizados, 47 de ellos consistían en análisis de sensibilidad sobre determinados factores, 58 en escenarios históricos y 61 en escenarios hipotéticos. Los escenarios se basaban en una proporción creciente en los precios de la renta variable y en los mercados de divisas; por el contrario los tipos de interés pierden importancia.

Otro resultado interesante es la importancia que han adquirido estos análisis de cara a la comunicación interna en la empresa; así, en la mayoría de los casos, los resultados de estos análisis son empleados para especificar los perfiles de riesgo y como medio de comunicación entre los gestores de riesgos, los operadores de mercado ("front office") y la alta dirección.

En el cuadro 1, recogemos las variaciones utilizadas en los distintos factores de riesgo considerados por las instituciones encuestadas.

No obstante, el método tradicional de llevar a cabo los contrastes de tensión, esto es, de manera independiente de los modelos de estimación de riesgos, presentan una serie de problemas, a saber:

- Si una institución utiliza el contraste de tensión como complemento del VeR nos encontraremos con dos medidas del riesgo; una en términos de probabilidad (por ejemplo, el VeR) y otra como resultado del contraste de tensión,

Cuadro 1: Cambios en los principales factores de los escenarios considerados

FACTOR DE RIESGO		CAMBIO	MEDIA
Renta variable	Japón	+11% a -36%	+9% / -18%
	EE. UU.	+12% a -28%	+12% / -16%
	Europa	+12% a -26%	+12% / -19%
Tipos de interés	Yen largo plazo	+129 p.b. a -120 p.b.	+56 p.b. / -51 p.b.
	Dólar largo plazo	+150 p.b. a -150 p.b.	+76 p.b. / - 64 p.b.
Tipos de cambio	USD/JPY	+17% a -23%	+10% / -11%
	EUR/JPY	+17% a -17%	+12% / - 6%
Prima riesgo de crédito	Alta calificación	+40 p.b. a +60 p.b.	+50 p.b.
	Baja calificación	+90 p.b. a +200 p.b.	+145 p.b.

Los números en las medias son para variaciones positivas y negativas respectivamente.

pero sin posibilidad de combinarlas. ¿Cómo podemos combinar una medida del riesgo establecida en términos de probabilidad con otra que nos indica que el resultado de nuestra cartera será de tanto si ocurre tal cosa?.

- El resultado del contraste de tensión será difícil de interpretar al no proporcionar ninguna idea de la probabilidad del suceso que se está analizando y ante tal circunstancia el resultado del análisis puede ser totalmente irrelevante debido a que la importancia del resultado dependerá exclusivamente de la probabilidad que se le asigne.
- El valor del análisis depende en su totalidad de los escenarios seleccionados. Este componente subjetivo hace que el contraste de tensión llevado a cabo por un gestor inexperto pueda no contemplar los principales riesgos que afectan a la cartera y dificulta, por lo tanto, establecer un juicio objetivo sobre los resultados obtenidos.

Frecuentemente el contraste de tensión se lleva a cabo asignando valores extremos a determinados precios o rentabilidades asumiendo que el resto de factores se mantienen inalterados. Esta aproximación al contraste de tensión ignora la correlación existente entre los valores "tensionados" y el resto de precios. Sin embargo, como indica Kupiec "la evidencia empírica sugiere que no tener en cuenta estas correlaciones generan importantes distorsiones en los resultados". Por otra parte, aún las instituciones que tienen en consideración las correlaciones entre los distintos factores suelen utilizar correlaciones "medias" en lugar de las correlaciones que corresponderían a la situación de crisis analizada.

Diversos autores han tratado el tema de las correlaciones entre factores de riesgo para situaciones extremas, así, Login y Solnik analizan la creencia ampliamente aceptada de que la correlación entre mercados de renta variable aumenta con la volatilidad. Utilizando la teoría del valor extremo para modelar las colas, concluyen que las correlaciones entre los rendimientos de la cola correspondiente a movimientos positivos se comparten según lo esperado por una distribución normal multivariante y tienden a cero a medida que los rendimientos se hacen más extremos. No ocurre lo mismo, sin embargo, con los rendimientos negativos, en donde se rechaza la hipótesis de normalidad multivariante y las correlaciones aumentan a medida que se consideran rendimientos negativos cada vez más extremos. De estos resultados concluyen que las correlaciones no están necesariamente relacionadas con la volatilidad sino, más bien, con la tendencia del mercado; aumentan en mercados bajistas pero no en mercados alcistas.

De este modo, los modelos de contraste de tensión que utilizan correlaciones históricas "medias" entre los factores de riesgo, tienen una capacidad muy limitada de captar el riesgo de acontecimientos excepcionales, especialmente cuando el movimiento de los precios de los activos es radicalmente contrario a la norma habitual.

*Frecuentemente el contraste de tensión se lleva a cabo asignando valores extremos a determinados precios o rentabilidades*



Con el fin de paliar algunas de las limitaciones de los métodos tradicionales de realizar el análisis de tensión proponemos la utilización de diferentes regímenes de correlaciones entre los factores de riesgo dependiendo de las condiciones del mercado.

Definimos, en primer lugar un factor de riesgo "principal" y, los distintos regímenes para ese activo; a continuación estimamos las volatilidades y las correlaciones asociadas a cada régimen. A partir de ahí, consideramos posibles escenarios para el factor de riesgo principal. Una vez establecido a qué régimen corresponde cada escenario, obtenemos los cambios en el resto de factores de riesgo mediante las correlaciones condicionales correspondiente a cada régimen en concreto. Reevaluamos la cartera y, siguiendo a Berkowitz, asignamos probabilidades a cada uno de los escenarios previstos.

Una vez se ha asociado a cada escenario a una determinada probabilidad tendremos un único sistema de medida del riesgo unificado y coherente en lugar de dos sistemas incompatibles; además podremos realizar análisis de comprobación de los escenarios utilizados con el fin de mejorar el proceso. La elección de escenarios obviamente continuará siendo subjetiva pero este caso la necesidad de asignar probabilidades impondrá una disciplina en los comités de gestión de riesgo y les exigirá un esfuerzo adicional para determinar cuáles son los escenarios realmente relevantes y cuáles no lo son.

De este modo, podemos incorporar el resultado de los distintos escenarios junto con sus respectivas probabilidades a los procesos tradicionales de valoración de riesgos e incluso introducir la Teoría del Valor Extremo para estimar intervalos de confianza de Valor en Riesgo y la Pérdida Esperada de la Cola.

### Conclusiones

Con el fin de captar el riesgo de acontecimientos extremos, es imprescindible que el VeR vaya acompañado de información sobre la pérdida esperada de la cola y otras medidas que permitan obtener una información más completa de la cola de la distribución.

El enfoque del valor extremo proporciona una solución natural al extremadamente complejo problema práctico de cómo estimar los cuantiles extremos cuando tenemos, por definición, muy poca información histórica en la cual basar el análisis. En resumen, cualquier información que pueda extraerse es inevitablemente muy tentadora, y por tanto, debemos hacer uso de la teoría, a la vez que somos conscientes de que la escasez de información limita seriamente la fiabilidad de los resultados del análisis.

El análisis de tensión debe ser realizado con una metodología consistente y realista, que tenga en cuenta las características de riesgo de las colas de la distribución de rendimientos y debe ser incorporado a los modelos tradicionales de valoración del riesgo. Con este objeto, es necesario tener en consideración de forma explícita el comportamiento de los mercados en

*Es imprescindible que el VeR vaya acompañado de información sobre la pérdida esperada de la cola y otras medidas para obtener información*

condiciones extremas, tanto de manera individual como las variaciones conjuntas que, como se ha demostrado, en épocas de crisis, presentan un comportamiento distinto al de períodos "normales".

---

## Bibliografía

- Aragónés, J. R. y C. Blanco. 2000. Valor en Riesgo. Aplicación a la gestión empresarial. Pirámide, Madrid.
- Aragónés, J.R., C. Blanco y K. Dowd. 2000. "Extreme Value VaR I y II". Derivatives Week. Marzo.
- Aragónés, J. R., C. Blanco. y K. Dowd. 2001.: "Incorporating Stress Tests into Market Risk Modeling." Derivatives Quarterly. Primavera.
- Artzner, P., F. Delbaen, J. M. Eber y D. Heath. 1999. "Coherent Measures of Risk", Mathematical Finance, 9, noviembre.
- Banco de Japón. 2002. "Implications of a Macro Stress Test on Financial Stability: Summary of the Second Census on Stress Tests. Market Review, diciembre
- Berkowitz, J. 2000. "A Coherent Framework for Stress-Testing". Journal of Risk, Nº 2, pág. 4.
- Dowd, K. 2002. Measuring Market Risk. Wiley, Chichester, U. K.
- Kupiec, P. 1998. "Stress testing in a Value at Risk Framework", Journal of Derivatives, enero, pág. 8.
- McNeil, A. J. 1996. "Estimating the tails of loss severity distributions using extreme value theory." Mimeo. ETH Zentrum, Zürich.,
- Longin, F. y B. Solnik 2001.: "Extreme Correlation of International Markets", The Journal of Finance, abril.

---

## Notas

- 1 Véase, por ejemplo, los trabajos al respecto de autores de tanto relieve como Bachelier, Kendall, Mandelbrot o Fama, entre otros.
- 2 Dowd, K. (2002): Measuring Market Risk. Wiley, Chichester, U. K. pag. 36.
- 3 Artzner, P., F. Delbaen, J. M. Eber y D. Heath (1999): "Coherent Measures of Risk", Mathematical Finance, 9, noviembre.
- 4 McNeil, A. J. (1996) "Estimating the tails of loss severity distributions using extreme value theory." Mimeo. ETH Zentrum, Zürich., pág. 19
- 5 Véase, por ejemplo, Dowd, K. (1998): Beyond Value at Risk. John Wiley. Chichester. G.B. Págs. 126 - 129.
- 6 Banco de Japón, (2002): "Implications of a Macro Stress Test on Financial Stability: Summary of the Second Census on Stress Tests. Market Review, diciembre.
- 7 Kupiec, P. (1998): "Stress testing in a Value at Risk Framework", Journal of Derivatives, enero, pág. 8.
- 8 Longin, F. y B. Solnik (2001): "Extreme Correlation of International Markets", The Journal of Finance, abril.
- 9 Berkowitz, J. (2000): "A Coherent Framework for Stress-Testing". Journal of Risk, Nº 2, pág. 4.
- 10 Aragónés, J. R., Blanco, C. y Dowd, K. (2001): "Incorporating Stress Tests into Market Risk Modeling." Derivatives Quarterly. Primavera.

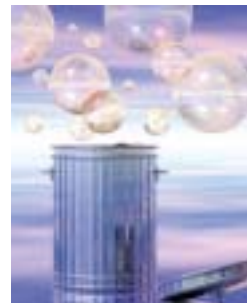


Ilustración: AGE