

Administración actuarial de riesgos financieros

Dr. Francisco García Castillo

Riesgo de Mercado

I. Introducción a la Administración de Riesgos

II. Riesgo de Mercado

- Basilea, Valor en Riesgo y Valor en Riesgo Condicionado
- Simulación histórica
- Simulación de Monte Carlo
- Método paramétrico
- Aplicación del VaR: Reglas de Basilea
- VaR. Pruebas de estrés
- Medidas de riesgo

III. Riesgo de Crédito

IV. Riesgo de Liquidez

V. Riesgo operacional

VaR. Simulación histórica

La **simulación histórica** es una técnica muy popular de estimar el VaR. Implica el uso de datos pasados como guía para lo que sucederá en el futuro.

Suponga que requerimos calcular el VaR para una cartera usando un horizonte temporal de un día, un nivel de confianza del 99% y se cuentan con 501 días de datos (es decir, 2 años de historia)*.

* El horizonte de un día y el nivel de confianza son los típicamente utilizados para un cálculo del VaR para el riesgo de mercado. 501 días es una opción muy popular porque conduce a la creación de 500 escenarios

VaR. Simulación histórica

El primer paso es identificar las variables de mercado que afectan al portafolio. Estas suelen ser las tasas de interés, los precios de las acciones, los precios de mercancías (*commodities*), y así sucesivamente.

Todos los precios se miden en la **moneda reportada**. Por ejemplo, una variable de mercado para un banco alemán que contiene en su portafolio el S&P 500 se mide en euros.

VaR. Simulación histórica

Se recogen los datos de los movimientos en las variables de mercado durante los últimos 501 días de *trading days* [i.e., se obtienen los rendimientos diarios], lo cual proporciona 500 diferentes escenarios para inferir el comportamiento del día de mañana.

Sea el primer día de datos como Día 0, el segundo día como Día 1, y así sucesivamente.

El Escenario 1 es donde los cambios porcentuales en todas las variables son los mismos que observados entre el Día 0 y el Día 1, el Escenario 2 es donde son iguales entre el Día 1 y el Día 2, y así sucesivamente. Para cada escenario, se calcula la variación del valor del portafolio entre hoy y ayer, lo que arroja una distribución de probabilidad para las pérdidas diarias en el valor de nuestra cartera.

VaR. Simulación histórica

El percentil 99 de la distribución se estima como la quinta mayor pérdida ($= 500 \times 0.01$), por lo que la estimación del VaR es la pérdida cuando estamos en este punto del percentil 99: estamos 99% seguros de que no tendremos una pérdida mayor que la estimación del VaR, ***si los cambios en las variables de mercado en los últimos 501 días son representativos de lo que puede suceder entre hoy y mañana.***

Para expresar el enfoque de simulación histórica de forma algebraica, sea v_i el valor de una variable de mercado en el i -ésimo día, y suponga que hoy es el Día n (por lo que hoy mi portafolio tiene un valor de v_n). El i -ésimo escenario en el enfoque de simulación histórica asume que el valor de la variable de mercado de mañana será:

$$\text{Valor del } i - \text{ésimo escenario} = v_n \times \frac{v_i}{v_{i-1}}$$

VaR. Simulación histórica

Ejemplo 1. Obtenga e interprete el VaR y el CVaR de un inversionista de los EE.UU. para el **25 de septiembre de 2008**, de una cartera por valor de USD \$10 millones consistente en inversiones en $k = 4$ índices bursátiles:

- 1. El Dow Jones Industrial Average (DJIA) de los EE.UU.
- 2. El FTSE 100 del Reino Unido.
- 3. El CAC 40 en Francia, y
- 4. El Nikkei 225 de Japón.

El valor de la inversión en cada índice se muestra en la siguiente tabla:

k	Índice	Valor del Portafolio (Miles de USD)
1	DJIA	4,000
2	FTSE 100	3,000
3	CAC 40	1,000
4	Nikkei 225	2,000
	Total	10,000

VaR. Simulación histórica

1. Se construye una base de datos con las últimas 501 observaciones de los índices respectivos.
2. Valorizar el portafolio en la moneda local. Los valores del FTSE 100, CAC 40 y Nikkei 225 se deben cambiar a USD, por lo que se multiplica el valor de cada índice por el TC del mismo día.

Por ejemplo, el 7 de agosto del año 2006 el FTSE 100, CAC 40 y Nikkei 225 tuvieron un valor de 5,828.8, 4,956.34 y 15,154.06, respectivamente. El TC USD/£, USD/€ y USD/¥ fue de \$1.9098, \$1.2860 y \$0.0087, respectivamente. Así, el valor de estos índices en USD son:

Fecha	FTSE-100				CAC-40				Nikkei		
	Exch Rate	Adjusted			Exch Rate	Adjusted			Exch Rate	Adjusted	
	USD/GBP	FTSE-500			EUR/USD	CAC-40			YEN/USD	Nikkei	
07-Ago-06	5,828.8	1.9098	11,131.84		4,956.34	1.2860	6,373.89		15,154.06	0.0087	131.77

VaR. Simulación histórica

3. Se determinan los 500 escenarios para el día $n + 1$ para cada índice con la relación

$$v_{n+1,k} = v_{n,k} \times \frac{v_{i,k}}{v_{i-1,k}} \text{ con } k = 1,2,3,4$$

4. Considerando la fecha del 25 de septiembre de 2008 como el día de hoy, se determinan los 500 valores estimados del portafolio para el día de mañana a partir del punto 3:

$$\begin{aligned} \pi_{n+1,i} \\ = 4,000 \times v_{n+1,DJIA} + 3,000 \times v_{n+1,FTSE100} + 1,000 \times v_{n+1,CAC40} + 2,000 \times v_{n+1,Nikkei225} \end{aligned}$$

5. Se obtienen las pérdidas y ganancias del portafolio para el día de mañana y se ordenan de menor a mayor:

$$Rendimiento_{n+1,i} = \pi_{n+1,i} - \pi_n$$

VaR. Simulación histórica

6. El quinto dato de esta serie ordenada determina el VaR a 1 día al 99% de confianza. En este caso, el VaR es de USD \$253,385.
7. Se estima el C-VaR a 1 día al 99% al promediar las primeras 5 observaciones de la serie ordenada, así, el C-VaR es de USD \$345,630.
8. Como ya se explicó, se determina el VaR a 10 días al 99% de confianza mediante la siguiente relación:

$$VaR_{10-días} = VaR_{1-día} \times \sqrt{10} = \$253,385 \times \sqrt{10} = USD \$801,274$$

VaR. Simulación histórica

Una aplicación de esta cantidad es la determinación del nivel de capital por riesgo de mercado para este portafolio (suponiendo una ponderación del 100%):

$$Capital_{Riesgo\ Mercado} = 3 \times VaR_{10\ días}$$

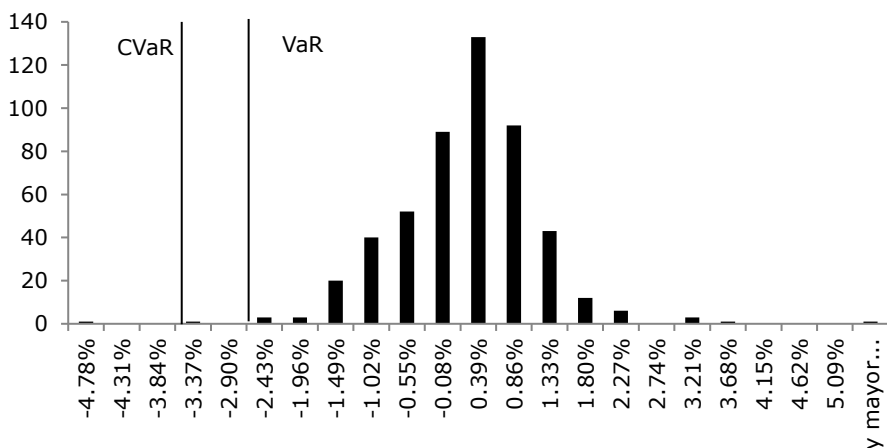
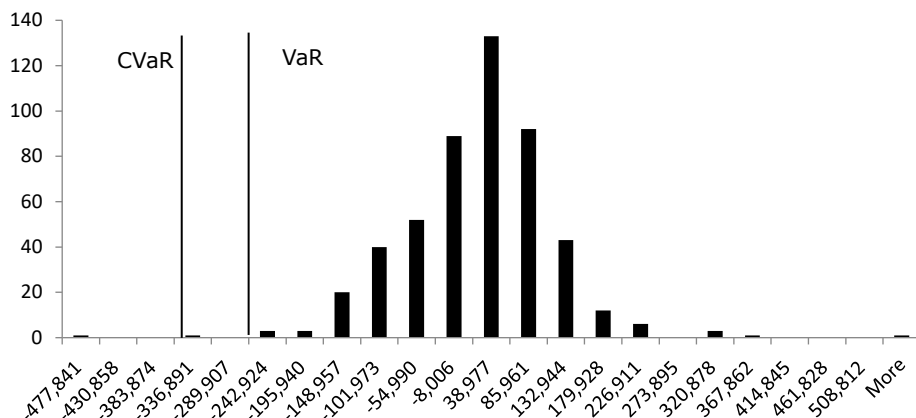
$$Capital_{Riesgo\ Mercado} = 3 \times VaR_{1\ día} \times \sqrt{10}$$

$$Capital_{Riesgo\ Mercado} = 3 \times \$801,274$$

$$Capital_{Riesgo\ Mercado} = USD \$2,403,822$$

VaR. Simulación histórica

La gráfica y tabla siguiente resume los resultados encontrados:



Concepto	Portafolio 2008
VaR_1 día, USD	\$ 253,385
VaR_1 día, % π	2.53%
$CVaR_1$ día, USD	\$ 345,630
$CVaR_1$ día, % π	3.46%
VaR_{10} días, USD	\$ 801,274
VaR_{10} días, % π	8.01%
Capital _{USD}	\$ 2,403,821
Capital _{% π}	24%

VaR. Simulación histórica

Conclusiones:

- El VaR a 1 día al 99% de confianza al identificar es de USD \$253,385. Esto significa que se espera perder a lo más, USD \$253,385 en 99 de 100 días de negocio, y solamente en una ocasión de 100, perder más de esa cantidad.
- El CVaR es de USD \$345,630. Esta cantidad significa que se espera perder, en promedio, USD \$345,650 en un día de 100 días.
- Con respecto al nivel del capital regulatorio (asumiendo una ponderación del 100%), este portafolio requiere de USD \$2,403,821 de capital, que representa el 24% del valor del portafolio.

Véase **archivo en Excel** para más detalle.

VaR. Simulación histórica

En nuestro ejemplo, la estimación del VaR se debe actualizar **diariamente** utilizando las últimas 501 observaciones.

Considere, por ejemplo, lo que sucede el día 501, esto es, el 26 de septiembre de 2008. Actualizamos los valores de las variables y se calcula un nuevo valor del portafolio.

A continuación, se realiza el mismo procedimiento para determinar el nuevo VaR. Los datos utilizados (8 de agosto de 2006 al 26 de septiembre de 2008) se usan para determinar los cambios porcentuales en las variables de mercado. El 29 de septiembre de 2008 (día 502), los datos del 9 de agosto de 2006 al 29 de septiembre de 2008 se utilizarán para determinar el VaR, y así sucesivamente.

VaR. Simulación histórica

En la práctica, la cartera de una institución financiera es mucho más complicada que la que se ha considerado en el ejemplo.

Es probable que consista en miles de posiciones, algunas de las cuales pueden ser contratos forward, opciones y otros derivados. El portafolio probablemente cambia diariamente: si el banco toma posiciones más riesgosas, el VaR se incrementará; si el banco toma posiciones menos riesgosas, el VaR disminuirá. El VaR se calcula al final de cada día bajo el supuesto que el portafolio puede mantener sus cambios observados en los dos años anteriores para el siguiente día hábil.

VaR. Simulación histórica

Por su parte, a menudo es necesario considerar miles de variables para la determinación del VaR. En el caso de las tasas de interés, un banco necesita diversos términos de estructura de tasas de interés cupón cero para distintas monedas con el fin de valorar la cartera.

VaR. Simulación histórica

Laboratorio 1. Con fechas al cierre de junio de 2012, 2014, 2016, 2018, 2022 y agosto de 2025, realice el Ejemplo 1 (véase Excel). Suponga que la cartera consistente en los mismos índices bursátiles.

k	Índice	Valor del Portafolio (Miles de USD)
1	DJIA	4,000
2	FTSE 100	3,000
3	CAC 40	1,000
4	Nikkei 225	2,000
Total		10,000

1. Determine e interprete el VaR con simulación histórica a un día y el C-VaR a 1 día al 99% de confianza para el portafolio.
2. Determine e interprete el VaR con simulación histórica a 10 días al 99% de confianza para el portafolio.
3. Obtenga el nivel de capital regulatorio requerido para este portafolio (asumiendo una ponderación del 100%).

VaR. Simulación histórica

4. Complete la tabla siguiente, y su interpretación al año 2025:

Concepto	2008 (000's USD, %)	2012 (000's USD, %)	2014 (000's USD, %)	2016 (000's USD, %)	2018 (000's USD, %)	2020 (000's USD, %)	2022 (000's USD, %)	2025 (000's USD, %)
VaR ₁ día								
CVaR ₁ día								
VaR ₁₀ días								
Capital								

- Bajo condiciones normales de mercado, este portafolio presenta una pérdida máxima esperada a 1 día de USD \$XXXX; al 99% de confianza;
- La pérdida promedio en caso de rebasar el VaR 1 día es de USD \$XXXX;
- Bajo condiciones normales de mercado, este portafolio presenta una pérdida máxima esperada a 10 días de USD \$XXXX; al 99% de confianza;
- Para operar este portafolio, el banco requiere un capital de a lo más USD \$XXXXX.

VaR. Simulación histórica

Laboratorio 2. Usted es un trader de una tesorería en **México**. Conforme un portafolio de empresas mexicanas que coticen en México y fuera de México –por ejemplo, en la NYSE o en la LSE–.

k	Valor del Portafolio (Miles de MXN)
1	2,500
2	5,000
3	5,000
4	7,500
	20,000

1. Construya una base de datos limpia con los precios diarios de los activos de su portafolio.
 2. Determine el VaR con simulación histórica a un día y el C-VaR a 1 día al 99% de confianza para el portafolio.
 3. Determine el VaR con simulación histórica a 10 días al 99% de confianza para el portafolio.
 4. Obtenga el nivel de capital regulatorio requerido para este portafolio si el ponderador es del 100%.
-

VaR. Simulación histórica

Laboratorio. De su materia de Portafolio de Inversión o Carteras, seguramente tuvo como proyecto final obtener el portafolio eficiente. Con base en ese portafolio:

1. Construya una base de datos limpia con los precios diarios de los activos de su portafolio de los últimos dos años, considerando que hoy es 27 de agosto de 2024.
 2. Determine el VaR con simulación histórica a un día y el C-VaR a 1 día al 99% de confianza para el portafolio, explique.
 3. Determine el VaR con simulación histórica a 10 días al 99% de confianza para el portafolio, explique.
 4. Obtenga el nivel de capital regulatorio requerido para este portafolio si el ponderador es del 100%, explique.
-

Riesgo de Mercado

I. Introducción a la Administración de Riesgos

II. Riesgo de Mercado

- Basilea, Valor en Riesgo y Valor en Riesgo Condicionado
- Simulación histórica
- Simulación de Monte Carlo
- Método paramétrico
- Aplicación del VaR: Reglas de Basilea
- VaR. Pruebas de estrés
- Medidas de riesgo

III. Riesgo de Crédito

IV. Riesgo de Liquidez

V. Riesgo operacional

VaR. Simulación de Monte Carlo

El método alternativo a la simulación histórica es el enfoque de la simulación de Monte Carlo.

Antes de entrar en los detalles de este enfoque, recordemos el fundamento de las matemáticas financieras modernas estocásticas, así como una cuestión relacionada con las unidades para medir la volatilidad.

- El proceso generalizado de Wiener es:

$$dx = a dt + b dz$$

Donde $dz = \varepsilon \sqrt{dt}$ con $\varepsilon \sim N(0,1)$

VaR. Simulación de Monte Carlo

En un mundo sin riesgo, el precio de un activo crece a la tasa μ por unidad de tiempo:

$$S_T = S_t e^{\mu(T-t)}$$

Dado que en la vida real existe el riesgo, se asume que la volatilidad del rendimiento en un periodo corto Δt es el mismo independientemente del precio del activo; i.e., el inversionista tiene el mismo riesgo si el activo vale \$50 o vale \$10.

- Entonces la desviación estándar del cambio en el precio del activo en el corto periodo Δt es proporcional al precio del activo:

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \Rightarrow \boxed{dS = \mu S dt + \sigma S dz}$$

Esta ecuación es la más utilizada para modelar el cambio en el precio de los activos.

VaR. Simulación de Monte Carlo Valor Ajustado IPC 1991-2025



Fuente: Elaboración propia con información de *Yahoo Finance*. Datos consultados al 2 de septiembre de 2025.

VaR. Simulación de Monte Carlo

En la práctica, es más preciso simular $\ln(S)$, pues aplicando el Lema de Itô se obtiene:

$$d\ln(S) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt + \sigma dz$$

Discretizando:

$$\ln(S_T) - \ln(S_t) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t} \quad \text{Donde } \Delta t = (T - t)$$

$$\ln \left(\frac{S_T}{S_t} \right) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T - t) + \sigma \varepsilon \sqrt{(T - t)}$$

$$S_T = S_t e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) (T - t) + \sigma \varepsilon \sqrt{(T - t)}}$$

Esta ecuación es la más utilizada para modelar el comportamiento del precio de los activos.

VaR. Simulación de Monte Carlo

Veamos los siguientes apuntes de matemáticas estocásticas:



Modelo de precio de los activos.pdf

VaR. Simulación de Monte Carlo

El proceso de simulación de Monte Carlo para determinar el VaR a un día al $\alpha\%$ de confianza, de un portafolio integrado por k activos es:

1. Sea $S_{t,k}$ el precio del activo k en la fecha t .
2. Se construye una base de datos con los precios diarios del k –ésimo activo, $S_{t-j,k}$ con $j = 0, 1, 2, 3, \dots, 500$ observaciones (aproximadamente, 2 años de historia).
3. Se valoriza cada uno de los k activos en la moneda local o moneda reportada.
4. Se obtienen los rendimientos logarítmicos de cada uno de los k activos:

$$r_{j,k} = \ln\left(\frac{S_{t-j,k}}{S_{t-j-1,k}}\right) \quad j = 0, 1, 2, 3, \dots, 500 \quad k = 1, 2, 3, \dots, K$$

VaR. Simulación de Monte Carlo

5. Se obtiene la media μ_k , varianza σ_k^2 y desviación estándar σ_k de los rendimientos logarítmicos de cada uno de los k activos.
6. Se estima el precio del k – ésimo activo para el día $T = t + 1$ con base en:

$$S_{T,k} = S_{t,k} \times e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma\sqrt{T-t}\epsilon_t}$$

con $\epsilon_t \sim N(0,1)$, que representa el cuantil. En Excel se escribe así:
=NORM.S.INV(RAND())

VaR. Simulación de Monte Carlo

7. Se determina el valor del portafolio para el día $T = t + 1$ para cada escenario:

$$\pi_{t+1,j} = \sum_{k=1}^K w_k \times S_{n+1,k}$$

Donde w_k es el la cantidad de dinero —en la moneda reportada— que se invierte en el activo k en el portafolio.

8. Estimar las pérdidas y ganancias del portafolio estimado del día $t + 1$ de cada uno de los j – escenarios:

$$P/G_{\Pi, t+1, j} = \pi_{t+1, j} - \pi_t$$

9. Ordenar las pérdidas y ganancias del portafolio de menor a mayor.
10. El VaR a 1 día será la observación que corresponde al $(1 - \alpha)\% \times n$.
-

VaR. Simulación de Monte Carlo

11.El CVaR es el promedio desde el VaR hasta la primera observación de pérdidas:

$$CVaR = \frac{\sum_{VaR}^{Máx Pérdida} Pérdidas_i}{\# Obs}$$

12.El VaR a T días será:

$$VaR_{T-días} = VaR_{1-día} \times \sqrt{T}$$

13.Una aplicación del VaR es la determinación del capital por riesgo de mercado será (previo al ajuste por grado de riesgo de cada activo):

$$Capital = k \times VaR_{T-días}$$

Con $k \geq 3$, $T = 10$ y al 99% de confianza.

VaR. Simulación de Monte Carlo

Laboratorio 1 (Continuación). Vuelva a realizar el Laboratorio 1:

1. Determine el VaR con el método de simulación de Monte Carlo a un día y el C-VaR a 1 día al 99% de confianza para el portafolio.
 2. Determine el VaR con el método de simulación de Monte Carlo a 10 días al 99% de confianza para el portafolio.
 3. Obtenga el nivel de capital regulatorio requerido para este portafolio.
-

VaR. Simulación de Monte Carlo

4. Complete la tabla siguiente, y su interpretación al año 2025:

Concepto	2008 (000's USD, %)	2012 (000's USD, %)	2014 (000's USD, %)	2016 (000's USD, %)	2018 (000's USD, %)	2020 (000's USD, %)	2022 (000's USD, %)	2025 (000's USD, %)
VaR ₁ día								
CVaR ₁ día								
VaR ₁₀ días								
Capital								

- Bajo condiciones normales de mercado, este portafolio presenta una pérdida máxima esperada a 1 día de USD \$XXXX; al 99% de confianza;
- La pérdida promedio en caso de rebasar el VaR 1 día es de USD \$XXXX;
- Bajo condiciones normales de mercado, este portafolio presenta una pérdida máxima esperada a 10 días de USD \$XXXX; al 99% de confianza;
- Para operar este portafolio, el banco requiere un capital de a lo más USD \$XXXXX.

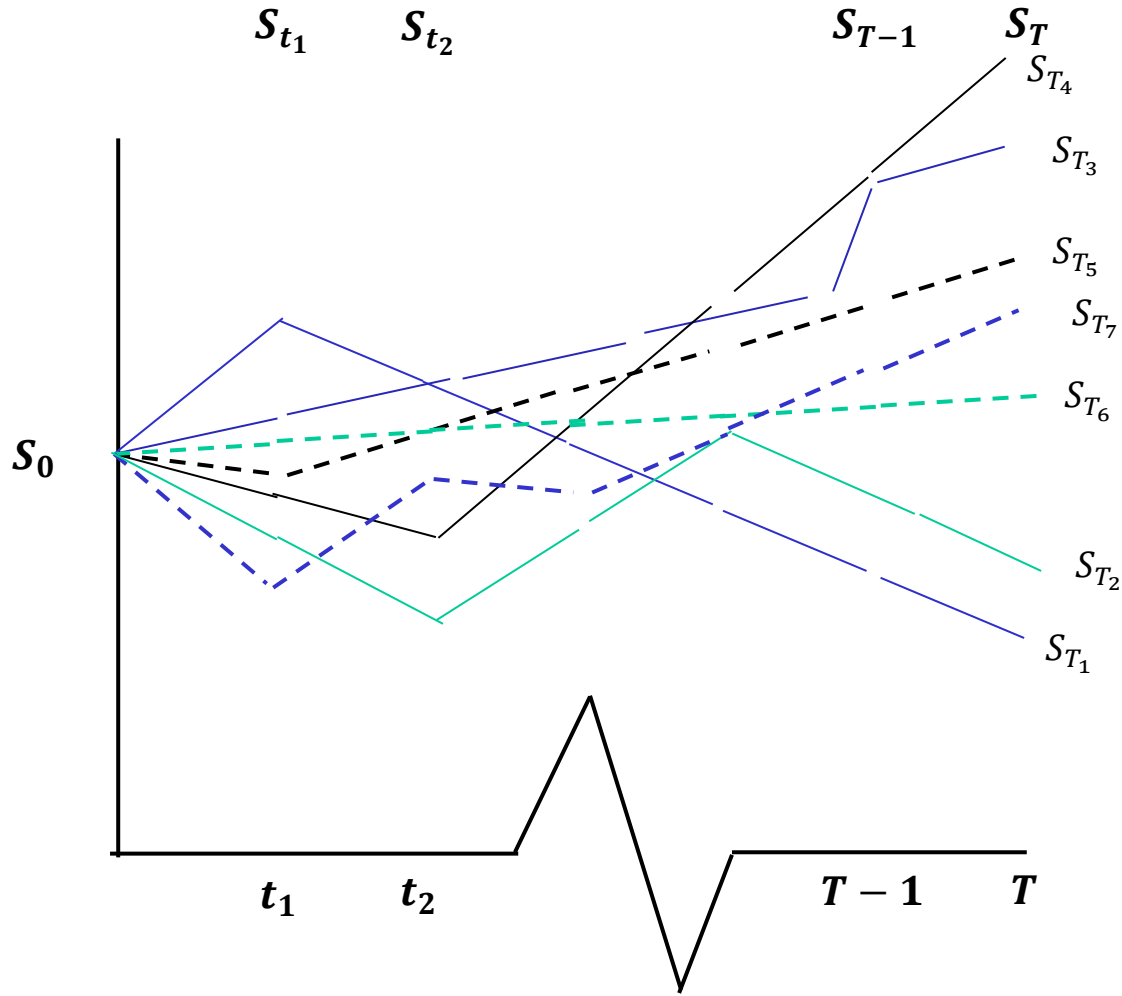
VaR. Simulación de Monte Carlo

El modelo de Monte Carlo también permite hacer la simulación de la senda en el precio futuro de un activo.

El proceso para obtener la senda del comportamiento en el precio del activo es:

- Se realiza la simulación del precio del activo al vencimiento T de la siguiente manera:
 - S_0 dado; μ dado y σ dada
 - $S_1 = S_0 \times e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t) + \sigma\sqrt{T-t}\varepsilon_t}$
 - $S_2 = S_1 \times e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)1 + \sigma\sqrt{1}\varepsilon_t}$
 - $S_3 = S_2 \times e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)1 + \sigma\sqrt{1}\varepsilon_t}$
 - ...
 - $S_T = S_{T-1} \times e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)1 + \sigma\sqrt{1}\varepsilon_t}$

VaR. Simulación de Monte Carlo



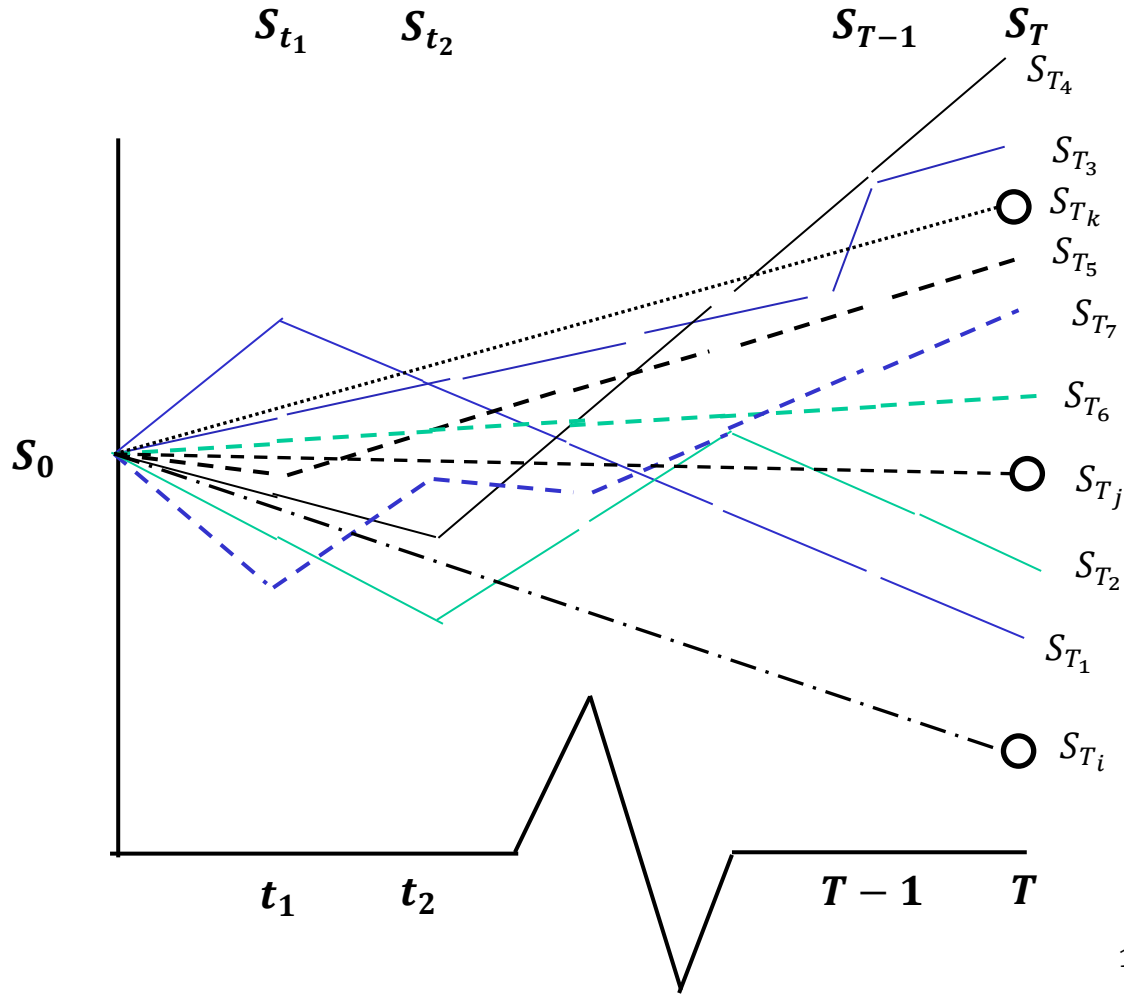
VaR. Simulación de Monte Carlo

- El proceso anterior se realiza al menos 10 mil veces, guardando en cada vez el valor S_T del activo.
- Se obtiene el promedio de los valores simulados:

$$\mu_{S_T} = \sum_{i=1}^{10,000} S_{T_i}$$

- El valor esperado del precio del activo en T es μ_{S_T} .
-

VaR. Simulación de Monte Carlo



$$E[S_T] = \mu_{S_T} = \sum_{i=1}^{10,000} S_{T_i}$$

VaR. Simulación de Monte Carlo

Este procedimiento también se utiliza para valorar un instrumento financiero derivado:

- Obtenga la senda aleatoria de S ;
 - Determine el pago del derivado;
 - Repita este procedimiento para obtener un número grande en el pago del derivado (10 mil simulaciones);
 - Obtenga el valor promedio del pago del derivado para estimar el valor esperado del pago, y
 - Obtenga el valor presente de ese pago esperado.
-

VaR. Simulación de Monte Carlo

Laboratorio 2 (Continuación). Realice el Laboratorio 2 utilizando el Modelo de simulación de Monte Carlo.

Laboratorio 3 (Continuación). Realice el Laboratorio 3 utilizando el Modelo de simulación de Monte Carlo. Compare con el de simulación histórica.

Laboratorio 1 (Continuación). Determine, usando la simulación de Monte Carlo, el precio al 31 de diciembre de 2025 de los activos que componen el Laboratorio 1.

Laboratorio 2 (Continuación). Determine, usando la simulación de Monte Carlo, el precio al 31 de diciembre de 2025 de los activos que componen el Laboratorio 2.

Laboratorio 3 (Continuación). Determine el precio al 31 de diciembre de 2025 de los cuatro activos del Laboratorio 3.

Riesgo de Mercado

I. Introducción a la Administración de Riesgos

II. Riesgo de Mercado

- Basilea, Valor en Riesgo y Valor en Riesgo Condicionado
- Simulación histórica
- Simulación de Monte Carlo
- **Método paramétrico**
- Aplicación del VaR: Reglas de Basilea
- VaR. Pruebas de estrés
- Medidas de riesgo

III. Riesgo de Crédito

IV. Riesgo de Liquidez

V. Riesgo operacional

VaR. Enfoque paramétrico

Volatilidades diarias

En la valuación de opciones y del VaR, el tiempo generalmente se mide en años $(T - t)$, y la volatilidad del activo subyacente se cotiza generalmente como **volatilidad anual**.

Cuando se utiliza el enfoque paramétrico en la determinación del VaR, el tiempo se mide en días y la volatilidad del activo subyacente suele cotizarse como **volatilidad diaria**.

VaR. Enfoque paramétrico

¿Cuál es la relación entre la **volatilidad diaria** y la **volatilidad anual**?

Sea σ_{anual} la volatilidad anual en el rendimiento de un determinado activo, y sea σ_{diaria} la volatilidad diaria equivalente del rendimiento del activo.

Suponiendo un año con 252 días de operación, la volatilidad anual se obtiene en función de la volatilidad diaria:

$$\sigma_{anual} = \sigma_{diaria} \sqrt{252}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

σ_{diaria} se determina como la desviación estándar del cambio porcentual en el precio del activo en un día.

Por lo tanto, en finanzas se define a la volatilidad diaria del precio de un activo como la desviación estándar de su cambio diario. Ahora veamos el enfoque paramétrico del VaR.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Calculemos el VaR para un portafolio que consiste solamente en la posición de **un solo activo**: acciones de Microsoft por USD \$10 millones.

Suponga que $N = 10$ y $X = 99$, por lo que estamos interesados en el nivel de pérdida que no se excederá en 10 días al 99% de confianza. Inicialmente, se considera el horizonte temporal de 1 día.

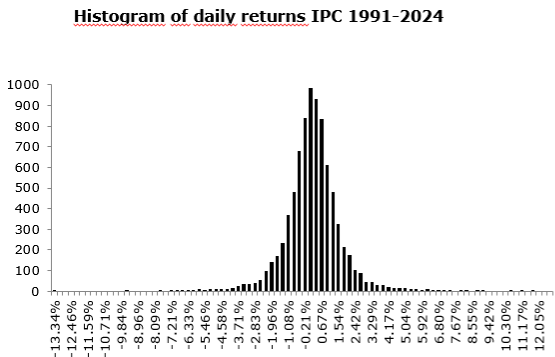
Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Se asume que en una variable de mercado, el cambio esperado durante el período es **cero**.

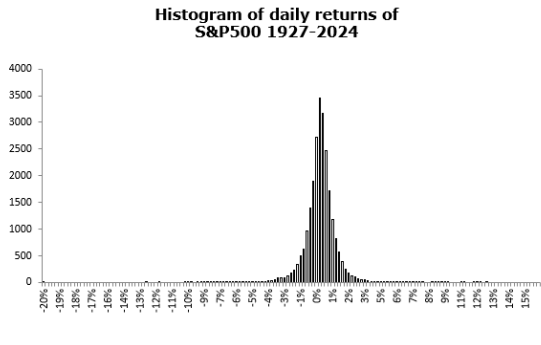
Si bien esto no es estrictamente cierto, es un supuesto razonable: el cambio esperado en el precio de mercado de una variable en un corto periodo es pequeño en **comparación** con su desviación estándar.

Descriptive Analysis of the IPC



Rendimiento IPC	
Mean	0.05%
Standard Error	0.02%
Median	0.05%
Mode	0
Standard Deviation	1.40%
Sample Variance	0.02%
Kurtosis	6.777
Skewness	17.21%
Range	26.26%
Minimum	-13.34%
Maximum	12.92%
Sum	4.449367841
Count	8,208.00
Largest(1)	12.92%
Smallest(1)	-13.34%
Confidence Level(95.0%)	0.0003037

Descriptive Analysis of S&P500



Rendimiento diario	
Mean	0.0309%
Standard Error	0.0077%
Median	0.0490%
Mode	0
Standard Deviation	1.1946%
Sample Variance	0.0143%
Kurtosis	17.24
Skewness	0.12
Range	0.37
Minimum	-20.47%
Maximum	16.61%
Sum	7.49
Count	24270
Largest(1)	16.6096%
Smallest(1)	-20.4669%
Confidence Level(95.0%)	0.000150293

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

En el caso de las acciones de Microsoft, el rendimiento promedio de los últimos 5 años es del 31% anual, esto implica un rendimiento del $0.20/252 \approx 0.12\%$ diario.

Suponga también que la volatilidad observada en el precio de la acción de Microsoft es del 1.88% diaria ($\approx 30\%$ anual). Dado que la posición es de USD \$10 millones, la desviación estándar del rendimiento diario en el valor del portafolio es el 1.88% de USD \$10 millones = USD\$ 188,000.

Para un período de $N = 10$ días, el rendimiento esperado a ese periodo es $0.12\% \times 10 \approx 1.23\%$ y su desviación sería $1.88\% \times \sqrt{10} \approx 5.9\%$.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

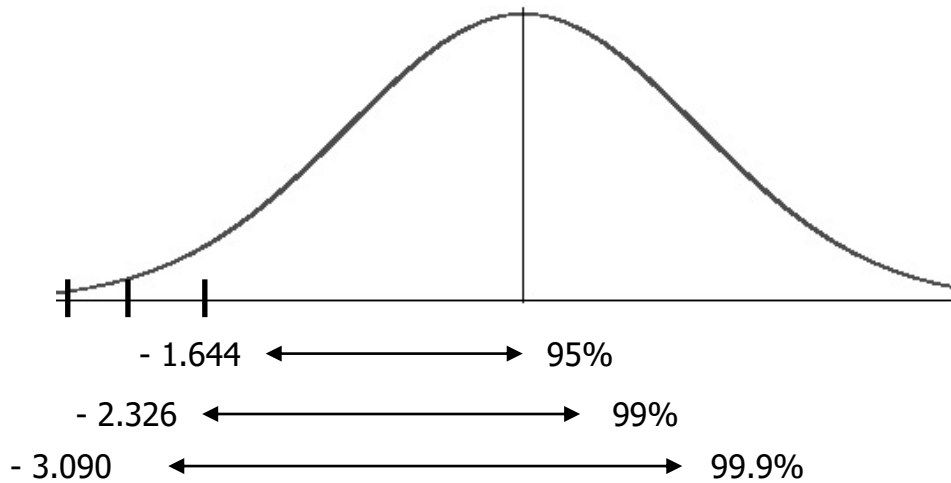
Entonces, **el cambio** en el valor del portafolio con acciones de Microsoft en 1 día tiene una media cercana a cero y una desviación estándar de USD \$180,000.

Si se **asume** que el cambio en el precio de los activos se **distribuye normal estándar**, entonces se puede utilizar la hoja electrónica de cálculo Excel para encontrar el cuantil que da la probabilidad de obtener hasta el 1%, esto es, $N^{-1}(0.01) = -2.326$.

Esto significa que hay una probabilidad del 1% que una variable normal estándar caiga en su valor en más de **2.326 desviaciones estándar**.

Dicho de otra manera, estamos 99% seguros que una variable que se distribuye normal estándar no disminuirá en valor en más de 2.326 desviaciones estándar.

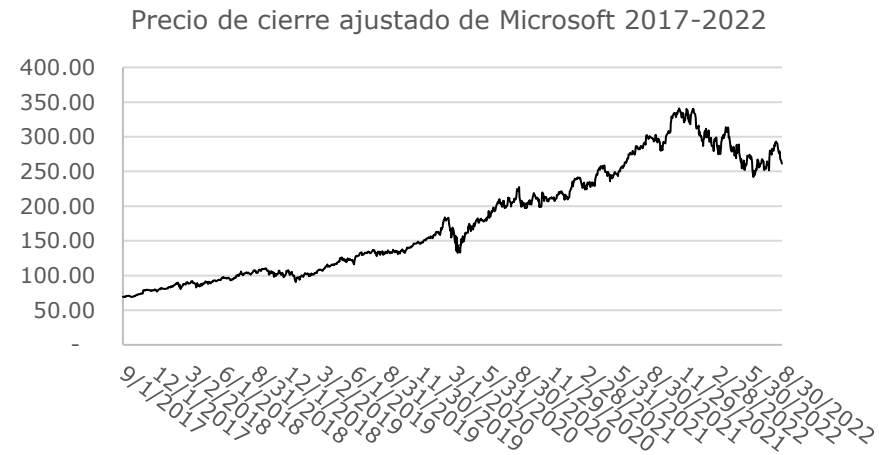
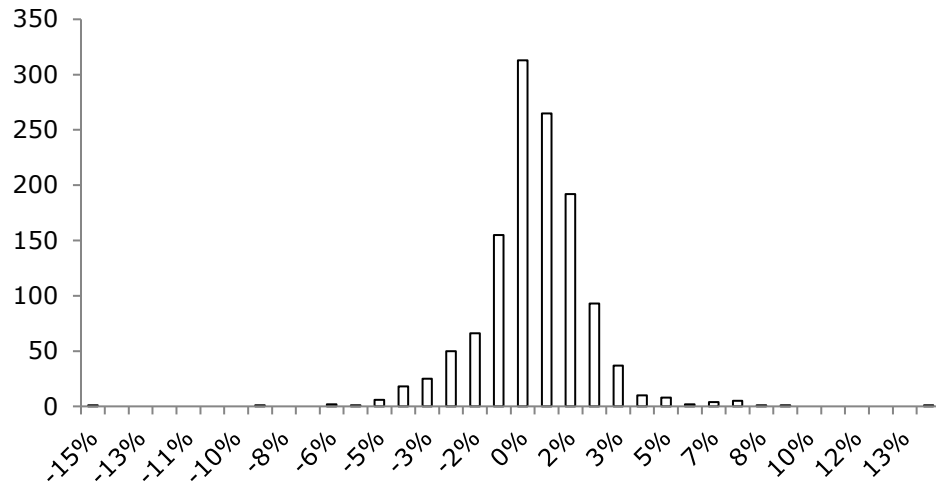
Ilustración de lo anterior:



- $N^{-1}(5.0\%) = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(5.0\%) = -1.644$
- $N^{-1}(1.0\%) = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(1.0\%) = -2.326$
- $N^{-1}(0.1\%) = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(0.1\%) = -3.090$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico



$$\begin{aligned}\mu_{\text{diario}} &= 0.12\% \\ \mu_{\text{anual}} &= 30.67\% \\ \mu_{10_\text{Días}} &= 1.22\% \\ \sigma_{\text{diario}} &= 1.88\% \\ \sigma_{\text{anual}} &= 29.77\% \\ \sigma_{10_\text{Días}} &= 5.93\%\end{aligned}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Asumiendo entonces normalidad, el VaR a 1 día al 99% de confianza del portafolio consistente en una posición de USD \$10 millones en acciones de Microsoft es:

$$\begin{aligned} VaR_{1 \text{ día}, 99\%} &= |Z_{1-\alpha}| \times \sigma_{diaria} \times Exposición \\ &= 2.326 \times 1.88\% \times 10,000,000 \\ &= \$436,341 \end{aligned}$$

Por su parte, el **VaR a** 10 días al 99% de confianza para Microsoft es:

$$\begin{aligned} VaR_{Microsoft_{10 \text{ días}}, 99\%} &= \$436,341 \times \sqrt{10} \\ &= USD \$1,379,831 \end{aligned}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

La aplicación para determinar el nivel de capital requerido para mantener acciones de Microsoft —previo a la ponderación de riesgo—, se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Capital}_{\text{Riesgo_Mercado_Microsoft}} &= 3 \times \text{VaR}_{10 \text{ días}} \\ &= \text{USD } \$4,139,495 \end{aligned}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Laboratorio: Asumiendo normalidad, obtenga el VaR al 99% de confianza de un portafolio que consiste en una posición de USD \$5 millones en acciones de AT&T:

1. La desviación estándar del cambio diario en el valor del portafolio es:

$$\sigma_{diaria} \times Exposición = 1.59\% \times USD \$5,000,000 = USD \$79,585$$

2. Dado el supuesto de normalidad estándar en el cambio del precio de los activos, el cuantil es de -2.326 .

3. El VaR a 1 día al 99% de confianza es:

$$VaR_{1 \text{ día}} = |-2.326| \times 79,585 = USD \$185,142$$

4. El VaR a 10 días al 99% de confianza es:

$$VaR_{10 \text{ días}} = \$185,142 \times \sqrt{10} = USD \$585,472$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Ahora considere una **cartera con dos activos**, compuesta de USD \$10 millones en acciones de Microsoft y USD \$5 millones en acciones de AT&T.

Supongamos que los rendimientos de las dos acciones tienen una distribución normal bivariada con una correlación de 0.34.

Un resultado en Estadística nos dice que si dos variables aleatorias X, Y tienen desviaciones estándar de σ_X y σ_Y , respectivamente, y un coeficiente de correlación ρ , entonces la desviación estándar de $X + Y$ (σ_{X+Y}) viene dada por:

$$\sigma_{X+Y} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 2\rho\sigma_X\sigma_Y}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Sea X el cambio diario en el valor de la posición de Microsoft y Y el cambio diario en el valor de la posición en AT&T, y de los ejercicios anteriores sabemos que:

$$\sigma_X = 187,565 \text{ y } \sigma_Y = 79,585$$

Por lo que la desviación estándar diaria del valor de esta cartera es:

$$\sigma_{X+Y} = \sqrt{187,565^2 + 79,585^2 + 2 \times 0.34 \times 187,565 \times 79,585} = 227,301$$

Dado el supuesto de normalidad estándar en el cambio del valor del portafolio, el VaR a 1 día al 99% de confianza es:

$$VaR_{1-\text{día_Portafolio}} = |-2.326| \times \sigma_{X+Y} = |-2.326| \times 227,301 = \text{USD } \$528,782$$

Y el VaR a 10 días al 99% de confianza es:

$$VaR_{10-\text{días_Portafolio}} = 528,782 \times \sqrt{10} = \text{USD } \$1,672,155$$

VaR. Enfoque paramétrico

Los beneficios de la diversificación. De los ejemplos anteriores, se observa que el VaR al 99% de confianza es:

1. Para el portafolio que se compone solamente de las acciones de Microsoft:

$$VaR_{10-días} = USD \$1,379,831$$

2. Para el portafolio que se compone solamente de las acciones de AT&T:

$$VaR_{10-días} = USD \$585,472$$

3. Para el portafolio que se compone de las acciones de Microsoft y de AT&T:

$$VaR_{10-días} = USD \$1,672,155$$

Entonces la cantidad $(\$1,379,831 + 585,472 =) 1,965,304 - 1,672,155 = 293,148$ representa los beneficios por la diversificación.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Si Microsoft y AT&T estuvieran perfectamente correlacionados, el VaR del portafolio sería el VaR de Microsoft + VaR de AT&T.

Si el portafolio muestra una correlación menor a la unidad, entonces se tiene el beneficio de la diversificación. Véase Henry Markowitz. *Portfolio Selection*. Journal of Finance. March 1952. Por este trabajo, Markowitz ganó el premio Nobel en el año 1990.



Photo from the Nobel Foundation archive.

Harry M. Markowitz

Prize share: 1/3

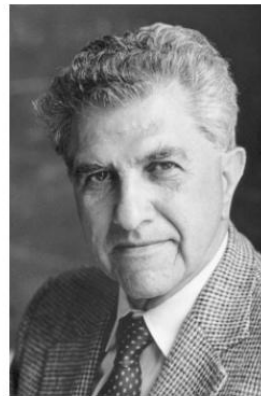


Photo from the Nobel Foundation archive.

Merton H. Miller

Prize share: 1/3

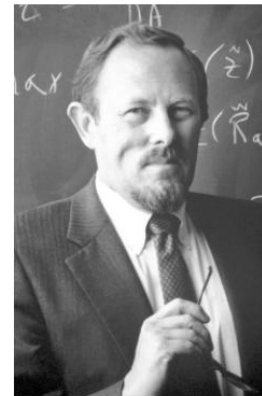


Photo from the Nobel Foundation archive.

William F. Sharpe

Prize share: 1/3

VaR. Enfoque paramétrico

Los ejemplos que acabamos de considerar son ilustraciones del **modelo paramétrico o lineal** para el cálculo del VaR, para un portafolio que se compone de una gran cantidad de activos.

Suponga un portafolio de valor P compuesta por n activos, con una cantidad α_i invertida en el activo i ($1 < i < n$). Defina Δx_i como la rentabilidad diaria del activo i . Entonces el cambio (en dólares) diario del valor del activo i es $\alpha_i \Delta x_i$ y el del portafolio es:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta x_i$$

Donde ΔP es el cambio (en dólares) diario del valor del portafolio.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Ejemplificando con los ejercicios anteriores, tenemos un portafolio con una inversión de USD \$10 millones en Microsoft y USD \$5 millones en AT&T, de manera que $\alpha_1 = 10$, $\alpha_2 = 5$ (en millones de dólares) y

$$\Delta P = \sum_{i=1}^2 \alpha_i \Delta x_i = \alpha_1 \Delta x_1 + \alpha_2 \Delta x_2 = 10\Delta x_1 + 5\Delta x_2$$

Si se asume que Δx_i es normal, para toda i , entonces ΔP también se distribuye normal estándar.

Para calcular el VaR, se requiere calcular la media y la desviación estándar de ΔP . Supongamos que el valor esperado de cada $\Delta x_i = 0$. Esto implica que la media de ΔP es cero.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Para calcular la desviación estándar de ΔP , se define σ_i como la volatilidad diaria del i –ésimo activo y ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre los rendimientos del activo i y el activo j [esto significa que σ_i es la desviación estándar de Δx_i , y ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre Δx_i y Δx_j . La varianza del cambio del portafolio $\Delta P - \sigma_P^2$, es:

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j < i} \rho_{ij} \alpha_i \alpha_j \sigma_i \sigma_j$$

La desviación estándar del cambio en N días es $\sigma_P \times \sqrt{N}$, y el VaR al 99% para un horizonte de N días es:

$$VaR_{N_días} = 2.326 \times \sigma_P \times \sqrt{N}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Ejemplo. Sea $\sigma_1 = 1.88\%$, $\sigma_2 = 1.59\%$, $\rho_{12} = 34\%$, $\alpha_1 = 10$ y $\alpha_2 = 5$, entonces:

$$\begin{aligned}\sigma_p^2 &= \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j<i}^n \rho_{ij} \alpha_i \alpha_j \sigma_i \sigma_j \\ &= 10,000,000^2 \times 1.88\%^2 + 5,000,000^2 \times 1.59\%^2 \\ &\quad + 2\{34\% \times 10,000,000 \times 1.88\% \times 5,000,000 \times 1.59\%\} \\ &= 51,665,922\end{aligned}$$

Entonces $\sigma_p = 227,301$. Esta es la desviación estándar del cambio diario en el valor del portafolio. El VaR a 10 días al 99% de confianza es:

$$VaR_{10-días} = 2.326 \times 227,301 \times \sqrt{10} = USD \$1,672,155$$

Mismo resultado que el anterior: USD \$1,672,155

Matrices de Correlación y de Covarianzas

Una matriz de correlaciones es una matriz donde la entrada en el i –ésimo renglón y de la j –ésima columna es la correlación ρ_{ij} entre las variables i y j .

Table 21.5 A correlation matrix: ρ_{ij} is the correlation between variable i and variable j .

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \cdots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \cdots & \rho_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Dado que una variable está perfectamente correlacionada consigo misma, los elementos de la diagonal de esta matriz es la unidad. Además, dado que $\rho_{ij} = \rho_{ji}$, esta matriz es simétrica. La matriz de correlación, junto con las desviaciones estándar diarias de las variables, permite calcular la varianza de la cartera.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Generalmente los analistas utilizan la matriz de varianzas y covarianzas de las variables de interés. La varianza diaria de la variable i (var_i) es el cuadrado de su volatilidad diaria:

$$var_i = \sigma_i^2$$

La covarianza cov_{ij} entre las variables i y j es:

$$cov_{ij} = \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$$

De esta manera, la varianza del portafolio puede escribirse como:

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \alpha_i \alpha_j \sigma_i \sigma_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n cov_{ij} \alpha_i \alpha_j$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

En una matriz de covarianzas, denotada como C , la entrada en la i –ésima fila y de la j –ésima columna es la covarianza entre la variable i y la variable j .

Recuérdese que la covarianza de una variable con ella misma es su varianza. Entonces, las entradas de la diagonal de dicha matriz son las varianzas.

Table 21.6 A variance–covariance matrix: cov_{ij} is the covariance between variable i and variable j . Diagonal entries are variance: $\text{cov}_{ii} = \text{var}_i$

$$\begin{bmatrix} \text{var}_1 & \text{cov}_{12} & \text{cov}_{13} & \dots & \text{cov}_{1n} \\ \text{cov}_{21} & \text{var}_2 & \text{cov}_{23} & \dots & \text{cov}_{2n} \\ \text{cov}_{31} & \text{cov}_{32} & \text{var}_3 & \dots & \text{cov}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{cov}_{n1} & \text{cov}_{n2} & \text{cov}_{n3} & \dots & \text{var}_n \end{bmatrix}$$

Por esta razón, la matriz de covarianzas se denomina matriz de varianza-covarianza. Al igual que la matriz de correlación, esta matriz es simétrica.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Utilizando la notación matricial, la varianza del portafolio es:

$$\sigma_P^2 = \alpha^T C \alpha$$

$$\sigma_P = \sqrt{\alpha^T C \alpha}$$

Donde α es el vector columna cuyo i –ésimo elemento es α_i , C es la matriz de varianza-covarianza y α^T es la transpuesta α . Las varianzas y covarianzas se calculan a partir de datos históricos.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Entonces

$$\begin{aligned} VaR_{1_día} &= \sigma_P \times N^{-1}(1 - \alpha) \\ &= \sqrt{\alpha^T C \alpha} \times N^{-1}(1 - \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VaR_{10 \text{ días}} &= VaR_{1_día} \times \sqrt{10} \\ &= \sqrt{\alpha^T C \alpha} \times N^{-1}(1 - \alpha) \times \sqrt{10} \end{aligned}$$

La aplicación para determinar el nivel de capital por riesgo de mercado — previo a su ponderación por grado de riesgo—:

$$\begin{aligned} Capital_{Riesgo \text{ Mercado}} &= 3 \times VaR_{10 \text{ días}} \\ &= 3 \times \sqrt{\alpha^T C \alpha} \times N^{-1}(1 - \alpha) \times \sqrt{10} \end{aligned}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Por su parte, se puede demostrar que el CVaR al $\alpha\%$ de confianza se obtiene como:

$$\begin{aligned} CVaR_{1-\alpha} &= \sigma_P \times \frac{\phi(z^*)}{\Phi(-z^*)} \\ &= \sqrt{\alpha^T C \alpha} \times \frac{\phi(z^*)}{\Phi(-z^*)} \end{aligned}$$

Donde $\phi(\cdot)$ y $\Phi(\cdot)$ son las funciones de densidad y acumulada de la normal estándar; y $z^* = |N^{-1}(1 - \alpha)|$.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Proceso para determinar el VaR paramétrico:

1. Obtener el precio de los activos de la últimas 501 observaciones.
2. Obtener el rendimiento diario de los activos.
3. Obtener el valor de la varianza del portafolio: $\sigma_p^2 = \alpha^T C \alpha$. Donde α es el vector de la cantidad de dinero que se invierte en cada activo y C es la matriz de varianza covarianza.

4. Determinar la volatilidad del portafolio: $\sigma_p = \sqrt{\alpha^T C \alpha}$

5. Determinar el valor absoluto del cuantil bajo normalidad al alfa% de confianza:

$$z^* = |N^{-1}(1 - \alpha)|$$

4. Determinar el VaR a 1 día al nivel alfa% de confianza:

$$VaR_{1_día} = \sigma_p \times |N^{-1}(1 - \alpha)|$$

5. Determinar el VaR a 10 días al nivel alfa% de confianza:

$$VaR_{10\ días} = VaR_{1_día} \times \sqrt{10}$$

6. Determinar el CVaR a 1 día al nivel alfa% de confianza:

$$CVaR_{1_día} = \sigma_p \times \frac{\phi(z^*)}{\Phi(-z^*)} = \sqrt{\alpha^T C \alpha} \times \frac{\phi(z^*)}{\Phi(-z^*)}$$

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Ejemplo. Regresando al ejemplo del portafolio consistente en USD \$4 millones en el *Dow Jones Industrial Average*, USD \$3 millones en el FTSE 100, USD \$1 millón en el CAC 40 y USD \$2 millones en el Nikkei 225 al 25 de septiembre del año 2008.

Los rendimientos diarios se recolectaron durante 500 días hasta el 25 de septiembre de 2008.

La matriz de correlación que se calcularía el 25 de septiembre de 2008 se muestra en la Tabla 22.5.

Table 22.5 Correlation matrix on September 25, 2008, calculated by giving equal weight to the last 500 daily returns: variable 1 is DJIA; variable 2 is FTSE 100; variable 3 is CAC 40; variable 4 is Nikkei 225.

	DJIA	FTSE 100	CAC40	Nikkei 225
DJIA	1.0000			
FTSE 100	0.4891	1.0000		
CAC40	0.4957	0.9181	1.0000	
Nikkei 225	(0.0619)	0.2009	0.2110	1.0000

Se observa que el FTSE 100 y el CAC 40 están altamente correlacionados, mientras que el DJIA está moderadamente correlacionado con el FTSE 100 y el CAC 40. por su parte, la correlación del Nikkei 225 con los otros índices es menor.

VaR. Enfoque paramétrico

La matriz de covarianza se muestra en la Tabla 22.6.

Table 22.6 Covariance matrix on September 25, 2008, calculated by giving equal weight to the last 500 daily returns: variable 1 is DJIA; variable 2 is FTSE 100; variable 3 is CAC 40; variable 4 is Nikkei 225.

	DJIA	FTSE 100	CAC40	Nikkei 225
DJIA	0.0001227			
FTSE 100	0.0000768	0.0002010		
CAC40	0.0000767	0.0001817	0.0001950	
Nikkei 225	(0.0000095)	0.0000394	0.0000407	0.0001909

- A partir de la ecuación $\sigma_p^2 = \alpha^T C \alpha$ se obtiene la variación de las pérdidas del portafolio en USD \$8,761,833.
 - La desviación estándar es la raíz cuadrada de esta cifra, es decir, USD \$93,605.
 - El VaR a un día al 99% de confianza es $VaR_{1-día} = 2.33 \times 93.60 = USD \$217,757$
-

VaR. Simulación de Monte Carlo

Laboratorio. Complete la tabla siguiente con el VaR paramétrico.

Conce pto	2008 (000's USD, %)	2012 (000's USD, %)	2014 (000's USD, %)	2016 (000's USD, %)	2018 (000's USD, %)	2020 (000's USD, %)	2022 (000's USD, %)	2025 (000's USD, %)
VaR ₁ día								
CVaR ₁ día								
VaR ₁₀ días								
Capital								

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

Laboratorio. Obtenga el VaR bajo el método de simulación histórica, MC y paramétrico de su portafolio eficiente.

Reporte de riesgo de mercado del portafolio (Cifras en la moneda reportada)

Concepto	Simulación Histórica	Monte Carlo	Paramétrico
$VaR_{1 \text{ día}}$			
$CVaR_{1 \text{ día}}$			
$VaR_{10 \text{ días}}$			
Capital			

Riesgo de Mercado

I. Introducción a la Administración de Riesgos

II. Riesgo de Mercado

- Basilea, Valor en Riesgo y Valor en Riesgo Condicionado
- Simulación histórica
- Simulación de Monte Carlo
- Método paramétrico
- Aplicación del VaR: Reglas de Basilea
- VaR. Pruebas de estrés
- Medidas de riesgo

III. Riesgo de Crédito

IV. Riesgo de Liquidez

V. Riesgo operacional

Riesgo de Mercado

Aplicación del VaR: Reglas de Basilea

Un uso importante de los modelos de riesgo es con propósitos de adecuación de capital.

El Comité de Basilea para la industria bancaria así como Solvencia II para la industria aseguradora, han establecido requisitos mínimos de capital para que los bancos comerciales y las compañías de aseguradoras cubran el riesgo de mercado de sus carteras de negociación [de la misma manera, las casas de bolsa y toda tesorería del sistema financiero debe cumplir con la regulación del capital regulatorio para soportar el riesgo de mercado].

Las reglas definen un Cargo por Riesgo de Mercado (*Market Risk Charge*, MRC) que se basa en las medidas del VaR.

Riesgo de Mercado

Aplicación del VaR: Reglas de Basilea

Las reglas originales, tal como se establecieron en 1996, requieren los siguientes parámetros:

- Un horizonte de 10 días hábiles o dos semanas naturales.
 - Un intervalo de confianza del 99%
 - Un período de observación basado en al menos un año de datos históricos y actualizado al menos una vez por trimestre
-

Riesgo de Mercado

Aplicación del VaR: Reglas de Basilea

Bajo el Enfoque de Modelos Internos (*Internal Models Approach*, IMA) como se definió en 1996, el MRC incluye un cargo por riesgo de mercado general (*general market risk charge*, GMRC) más otros componentes:

$$GMRC_t = \text{Max} \left(k \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}, VaR_{t-1} \right)$$

El GMRC involucra el promedio del VaR comercial durante los últimos 60 días, multiplicado por un factor k determinado por el supervisor (con un valor mínimo de 3), así como el VAR de ayer.

Riesgo de Mercado

Aplicación del VaR: Reglas de Basilea

El Comité de Basilea solicita el VaR a 10 días a partir del VaR a un día, por lo que dicho VaR a 10 días es:

$$VaR_t(10,99\%) = \sqrt{10} \times VaR_t(1,99\%)$$

El período de 10 días corresponde al tiempo requerido para que los reguladores bancarios adopten medidas correctivas en caso de que una institución comience a tener problemas.

Riesgo de Mercado

Aplicación del VaR: Reglas de Basilea

También se asume que el nivel de confianza del 99% corresponde a una baja probabilidad de quiebra por riesgo de mercado.

Aun así, una ocurrencia cada 100 períodos implica una alta frecuencia de fallas. Hay $52/2 = 26$ períodos de dos semanas en un año.

Por lo tanto, se debe esperar que ocurra una quiebra cada $100/26 = 3.8$ años, lo que sigue siendo bastante frecuente.

Esto explica por qué el Comité de Basilea ha aplicado el factor de $k \geq 3$, para garantizar una mayor seguridad, pues se asume que este factor protege contra colas pesadas, parámetros inestables, cambios de posición y, de manera más general, por el riesgo de modelo.

Riesgo de Mercado

Aplicación del VaR: Reglas de Basilea

En el año 2009 fueron revisadas las reglas para requerir una actualización al menos cada mes, y el GMRC se amplió para incluir una medida VAR estresada.

Riesgo de Mercado

I. Introducción a la Administración de Riesgos

II. Riesgo de Mercado

- Basilea, Valor en Riesgo y Valor en Riesgo Condicionado
- Simulación histórica
- Simulación de Monte Carlo
- Método paramétrico
- Aplicación del VaR: Reglas de Basilea
- **VaR. Pruebas de estrés**
- Medidas de riesgo

III. Riesgo de Crédito

IV. Riesgo de Liquidez

V. Riesgo operacional

Limitaciones de las medidas VAR. Hemos visto que las medidas VAR tienen algunas limitaciones.

La aplicación tradicional de simulación histórica crea problemas especiales debido a la elección de la ventana móvil, pues se utilizan de uno a tres años de datos históricos.

Durante la crisis crediticia que comenzó en el año 2007, los sistemas de gestión de riesgos fallaron en muchos bancos. Algunos bancos sufrieron pérdidas mucho más frecuentes y mucho peores de lo que habían anticipado: tan solo en el año 2007, UBS sufrió 29 excepciones o pérdidas peores que el VAR, en lugar del número esperado de dos o tres (es decir, el 1% de 250 días).

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

Esto se debió en parte al hecho de que 2007 siguió un período prolongado de estabilidad. La figura 12.5 traza el pronóstico de volatilidad diario para el índice bursátil S&P 500 utilizando un promedio móvil ponderado exponencialmente (*exponentially weighted moving average, EWMA*) con una caída de 0.94.

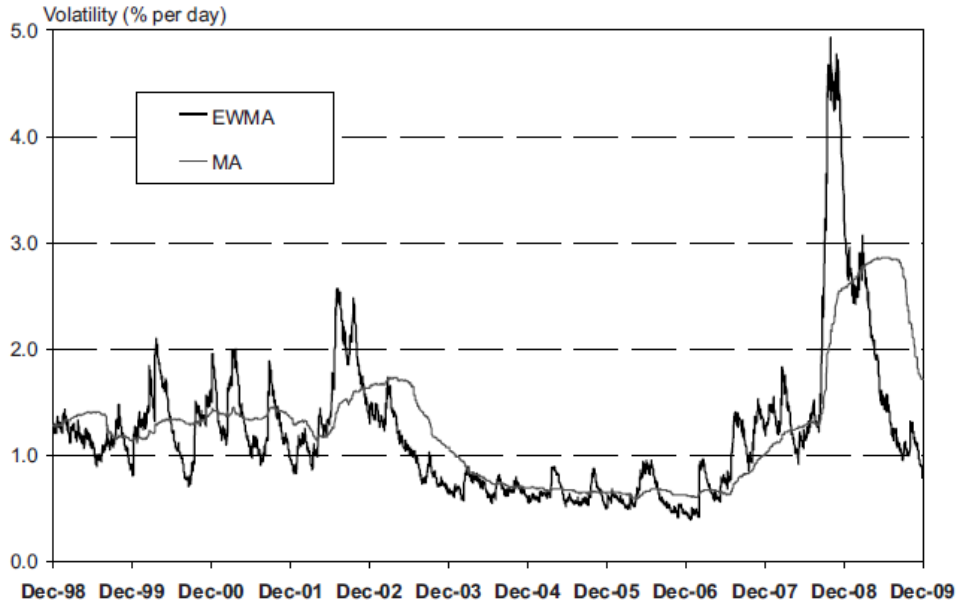


FIGURE 12.5 Volatility of S&P 500 Stock Index

Este modelo muestra que durante 2004 a 2006, la volatilidad fue muy baja, promediando 0.7% diario.

Como resultado, muchas instituciones financieras entraron en 2007 con altos niveles de apalancamiento.

VaR. Pruebas de estrés

Sin embargo, los bancos no modelan su riesgo utilizando el EWMA, sino que utilizan una ventana móvil con el mismo ponderador todos los días, que es esencialmente un modelo de media móvil (*moving average*, MA).

La gráfica también muestra un pronóstico de volatilidad proveniente de un modelo MA, en la cual se aprecia que el modelo MA subestimó sistemáticamente la volatilidad de la EWMA a partir de mediados del año 2007, lo que explica el alto número de excepciones.

La lección de este episodio es que basarse en datos recientes no es suficiente para evaluar los riesgos.

Por eso, los modelos VAR tradicionales deben complementarse con **pruebas de estrés**.

VaR. Pruebas de estrés

Principios de las pruebas de estrés. El VaR debe complementarse con pruebas de estrés, cuyo objetivo es identificar situaciones que podrían generar pérdidas extraordinarias pero posibles.

Un inconveniente de las pruebas de estrés es que son **más subjetivas** que las medidas VaR, pues el VaR refleja un riesgo realizado; mientras que un escenario de estrés debe reflejar observaciones reales en el pasado.

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

En un caso de un fondo de cobertura con una posición de USD \$4 mil millones en corto frente al yen, el VAR diario al 95% de confianza es del orden de USD \$42 millones.

Sería importante ver cuán peor podría ser la pérdida, por lo que analizando los últimos **20 años**, se observó que el peor movimiento en el tipo de cambio ocurrió el 7 de octubre de 1998 con una pérdida del 5.4%, lo cual conduce a una pérdida estresada de USD \$216 millones... y tal pérdida es plausible pues ya ocurrió una vez...

VaR. Pruebas de estrés

Las pruebas de estrés son un proceso clave en la administración de riesgos, que incluye:

1. Análisis de escenarios;
 2. Modelos de estrés, volatilidades y correlaciones; y
 3. Desarrollo de políticas de respuestas.
-

VaR. Pruebas de estrés

El análisis de escenarios somete la cartera a grandes movimientos en las variables del mercado financiero. Estos escenarios se pueden crear utilizando varios métodos:

- Mover las variables clave una a la vez, que es un método simple e intuitivo. Desafortunadamente, es difícil evaluar movimientos conjuntos realistas en las variables financieras, pues es poco probable que todas las variables se muevan en la peor dirección posible al mismo tiempo.
 - Utilizando escenarios históricos, por ejemplo, la caída de la bolsa de valores de 1987, la devaluación de la libra esterlina en 1992, la debacle del mercado de bonos de 1984, la quiebra de Lehman en 2008, el surgimiento del SARS-COV2, etc.
-

VaR. Pruebas de estrés

- Crear escenarios prospectivos; es decir, trabajar a través de los efectos directos e indirectos ante una caída del mercado de valores de los EE.UU. Idealmente, el escenario debería adaptarse a la cartera en cuestión, evaluando lo peor que podría pasar con las posiciones actuales.
 - Pruebas de estrés inversas, las cuales asumen una gran pérdida inicial y luego exploran las condiciones que conducirían a esta pérdida. Este tipo de análisis obliga a las instituciones a pensar en otros escenarios y a abordar cuestiones que normalmente no se tratan en las pruebas de resistencia habituales, como el contagio financiero.
-

VaR. Pruebas de estrés

Las pruebas de estrés son útiles para protegerse contra **eventos de riesgo**, que es el riesgo de pérdida debido a un evento político o económico observable. El problema (desde el punto de vista de las pruebas de estrés) es que tales eventos son relativamente raros y difíciles de anticipar. Éstos incluyen:

- Cambios en los gobiernos que conducen a cambios en las políticas económicas
 - Cambios en las políticas económicas, como incumplimiento, controles de capital, inconvertibilidad, cambios en las leyes tributarias, expropiaciones, etc.
-

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

- Golpes de Estado, guerras civiles, invasiones u otros signos de inestabilidad política
 - Devaluaciones de la moneda, que suelen ir acompañadas de otros cambios drásticos en las variables del mercado.
-

VaR. Pruebas de estrés

Aun así, diseñar pruebas de estrés no es asunto fácil. Los últimos años han demostrado que los mercados parecen ser tomados por sorpresa sistemáticamente. Pocas personas parecen haber anticipado el default ruso, por ejemplo; o el default argentino de 2001 también fue único en muchos aspectos.

Snapshot. La crisis en Argentina

Argentina es un ejemplo de riesgo político en los mercados emergentes. Hasta el año 2001, el peso argentino se fijaba al dólar estadounidense a un tipo de cambio de uno–uno.

El Gobierno de Argentina había prometido que defendería la moneda a toda costa; sin embargo, sufrió la peor crisis económica en décadas, agravada por el costo del endeudamiento excesivo.

En diciembre de 2001, Argentina anunció que dejaría de pagar intereses sobre su deuda externa de USD \$135 mil millones. Este fue el mayor incumplimiento soberano registrado hasta entonces.

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

El ministro de Economía, Cavallo, anunció amplias restricciones a los retiros de depósitos bancarios para evitar la fuga de capitales.

El 20 de diciembre, el presidente Fernando de la Rúa dimitió después de que 25 personas murieran en protestas callejeras y disturbios.

El presidente Duhalde asumió el cargo el 2 de enero y devaluó la moneda el 6 de enero. El tipo de cambio pasó rápidamente de 1 peso/dólar a más de 3 pesos.

Tales movimientos podrían haberse incluido en los sistemas de gestión de riesgos mediante el **análisis de escenarios**.

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

Sin embargo, lo totalmente inesperado fue el anuncio del Gobierno de Argentina de que trataría los préstamos y depósitos bancarios de manera diferente.

Los depósitos bancarios denominados en dólares se convirtieron a pesos devaluados, pero los préstamos bancarios denominados en dólares se convirtieron a pesos a una tasa de uno a uno.

Este desajuste hizo que gran parte del sistema bancario fuera técnicamente insolvente, porque los préstamos (los activos bancarios) de la noche a la mañana se volvieron menos valiosos que los depósitos (los pasivos bancarios).

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

Mientras que los administradores de riesgos habían contemplado el efecto de riesgo de mercado de una devaluación, pocos habían considerado esta posibilidad de tales acciones políticas.

Para el año 2005, el Gobierno de Argentina propuso devolver alrededor del 30% del valor nominal de su deuda. Esta tasa de recuperación fue muy baja según los estándares históricos.

VaR. Pruebas de estrés

El objetivo de las pruebas de estrés es identificar áreas de vulnerabilidad potencial. Esto no quiere decir que la institución deba estar totalmente protegida contra todas las posibles contingencias, ya que esto imposibilitaría la asunción de riesgos.

Por el contrario, el objetivo de las pruebas de estrés y la respuesta de la dirección debería ser garantizar que la entidad pueda soportar escenarios probables sin quebrar.

VaR. Pruebas de estrés

Los movimientos extremos del mercado se han repetido durante la historia. Ello ha llevado a las entidades a contar con un análisis de escenarios para poder estar preparadas ante tales movimientos. Según exponen Lieng-Seng y Lee (1999), algunos ejemplos de movimientos de mercado extremos son los siguientes:

- **19 octubre 1987. Crash Bursatil:** El DJIA cayó un 23% y el S&P500 un 20%; esto originó un efecto contagio, pues el Nikkei cayó 15% en Japón y el FTSE del 12%. El Índice HSI de Hong Kong cerró 4 días y cayó un 33%.
 - **1990 Crash Nikkei:** El Nikkei cayó un 48%, y la volatilidad histórica a una semana excedió el 120% entre septiembre/octubre del año 1990. El índice Real State de Japón cayó un 56%.
-

VaR. Pruebas de estrés

- **1992 Crisis del sistema monetario europeo:** El mecanismo europeo de tipos de cambio establecía rangos entre los que se movían las divisas de los 12 países miembro. Cuando el sistema monetario empezó a desmoronarse, se precipitó la venta de divisas débiles y la compra de marcos alemanes. Se cayó la libra; Italia devaluó su moneda un 7% y España un 5%.
 - **1994 Estados Unidos de América:** La Reserva Federal subió su tasa de interés de referencia, del 3% en enero de 1994 al 5.5% el 30 de diciembre; y la tasa de interés a 12 meses se incrementó hasta alcanzar el 7.75% al final del año. Se produjeron caídas en índices como el DJIA del 10%.
-

VaR. Pruebas de estrés

- **1994-1995 Crisis del peso mexicano y crisis en América Latina:**
El peso mexicano se devaluó 15%, y la volatilidad a una semana supero el 150% en Diciembre. Desde septiembre del año 1994 hasta marzo del siguiente año, 1995, el índice de la bolsa mexicana cayó 49%. El índice de Brasil Bovespa cayó 61% y el índice del Merval Argentino cayó un 58%.
-

VaR. Pruebas de estrés

- **1997 Crisis asiática:** El Bath tailandés cayó en un día el 16% y afectó a otras monedas asiáticas; el Won coreano cayó un 41% entre el 4 de diciembre del año 1997 y el 23 de diciembre de ese mismo año. El índice de la bolsa coreana cayó 50%. La rupia indonesia cayó un 84.71% entre el 1 de diciembre de 1997 y el 26 de enero del año siguiente y la volatilidad a una semana superó el 200%. El índice Jakarta Composite cayó un 41% desde el 10 de septiembre de 1997 hasta el 15 de diciembre del mismo año. El ringgit malayo (moneda oficial de Malasia) cayó un 25% en diciembre. El índice Composite de Kuala Lumpur descendió un 45% desde el 10 de septiembre del año 1997 hasta el 12 de enero de 1998.
-

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

- **1998 Crisis rusa:** El rublo cayó un 41% del 25 al 27 de agosto del año 1998. En un solo día, el 29 de agosto, cayó un 29%. Rusia hizo default en su deuda de gobierno. El índice ruso, RST (Rusia Stock Index) cayó un 86%. La rentabilidad de los bonos del gobierno ruso aumentó de 333% el 26 de agosto del año 1998 al 578% el 27 de agosto de ese mismo año, 1998.
 - **1998 Long-Term Capital Management:** El colapso del Hedge Fund Long Term Capital fue uno de los principales motivos de la depresión de los mercados de renta variable en el tercer cuatrimestre del año 1998. El DJAI cayó un 12%, los precios de las volatilidades excedieron el 70% En agosto, los diferenciales de spread de crédito aumentaron considerablemente en todos los ámbitos.
-

Riesgo de Mercado

VaR. Pruebas de estrés

- **1999 Crisis en Brasil.** Brasil devaluó su moneda en un 8% el 14 de enero de 1999 y el índice Bovespa cayó un 10% ese mismo día. Las volatilidades de precios del real brasileño superaron el 80% en enero.
-

VaR. Pruebas de estrés

- **2007-2008 Crisis financiera internacional:** Se originó por hipotecas de alto riesgo (subprime) en los EE.UU., extendiéndose al resto de mercados. Las bajas tasas de interés propiciaron una rápida expansión de la cartera crediticia, dando lugar a que los activos en los que se invertía incrementaran su precio, propiciando una menor morosidad. La ingeniería financiera había dado lugar al uso de derivados de crédito y a la bursatilización de activos. Se incrementó la tasa de interés en EE.UU. y con ello la morosidad en dichas hipotecas, lo que provocó miedo en los mercados financieros y la crisis económica. La complejidad de los productos estructurados hicieron imposible la correcta valoración de los mismos, dando lugar a la salida de inversores de los productos titulizados. En agosto del año 2007, el BCE junto con la Reserva Federal y varios bancos centrales, para calmar los temores de la crisis, volcó en el mercado miles de millones de dólares americanos. Desde septiembre del año 2008, los Bancos Centrales han ido reduciendo sucesivamente las tasas de interés a los tipos más bajos de la historia. El 15 de septiembre de ese mismo año, con la bancarrota de Lehman Brothers, se produce un "lunes negro" en Wall Street.
-

VaR. Pruebas de estrés

- **Crisis de la deuda soberana 2010.** La crisis de crédito contagió la deuda de la Unión Europea (UE), provocando el cierre de los mercados mayoristas y tensiones de liquidez. El origen fue debido a la situación económica de Grecia, que se tradujo en una falta de confianza en el resto de economías de la UE con mayor déficit fiscal. En los mercados financieros se tradujo en un importante incremento de las primas de riesgo y caídas bursátiles. La emisión de títulos de renta fija se redujo drásticamente. Los mercados de deuda soberana registran fuertes tensiones en Grecia, Irlanda, Portugal, España e Italia. En mayo del año 2011 se llevó a cabo el rescate de Portugal por parte de la UE y el FMI (Fondo Monetario Internacional). En junio Grecia aprobó un nuevo plan de austeridad y privatizaciones como parte del plan de rescate iniciado en el año 2010. En agosto se dispararon las primas de riesgo de España y Portugal, y el BCE comenzó la compra masiva de la deuda soberana. Las agencia de calificación Standard & Poor rebaja la calificación de la deuda de Estados Unidos de AAA a AA+, debido al incremento del déficit para conseguir la recuperación económica. Las primas de riesgo de deuda de países como España e Italia alcanzaron máximos históricos durante el mes de noviembre.
-

VaR. Pruebas de estrés

Las pruebas de estrés se pueden implementar fácilmente una vez que la estructura VAR está en su lugar.

En la Figura 12.1, todo lo que se necesita es ingresar los valores del escenario en las entradas de los factores de riesgo.

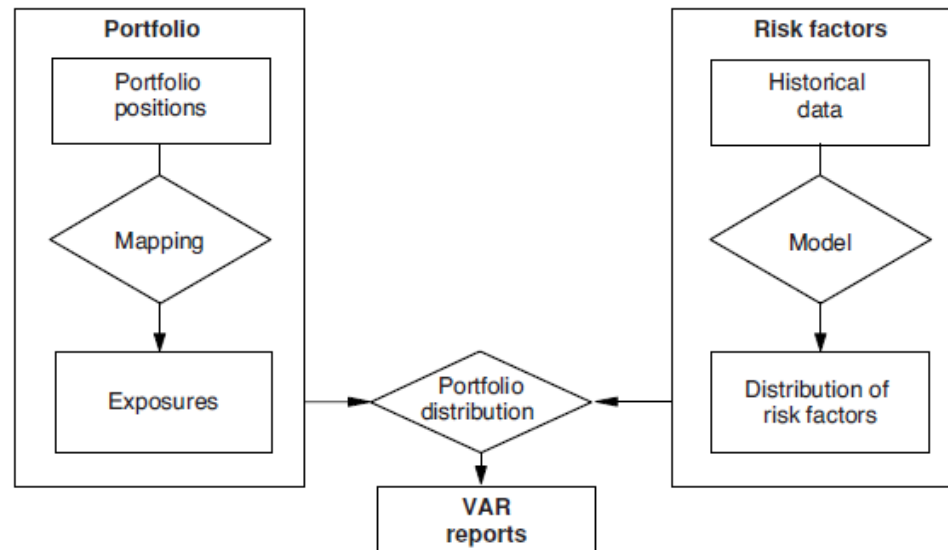


FIGURE 12.1 Components of a Risk System

Laboratorio 9. Obtenga el VaR estresado del Laboratorio 1.

Laboratorio 10. Obtenga el VaR estresado del Laboratorio 2.

Riesgo de Mercado

VaR. Enfoque paramétrico

En resumen, el portafolio revisado (DJIA, FTSE, CAC & Nikkei) ha mostrado la siguiente evolución

Simulación
Histórica

Conce pto	2008 (000's USD, %)	2012 (000's USD, %)	2014 (000's USD, %)	2016 (000's USD, %)	2018 (000's USD, %)	2020 (000's USD, %)	2022 (000's USD, %)	2025 (000's USD, %)	Estresado 1
VaR ₁ día									
CVaR ₁ día									
VaR ₁₀ días									
Capital									

Método
Monte
Carlo

Conce pto	2008 (000's USD, %)	2012 (000's USD, %)	2014 (000's USD, %)	2016 (000's USD, %)	2018 (000's USD, %)	2020 (000's USD, %)	2022 (000's USD, %)	2025 (000's USD, %)	Estresado 1
VaR ₁ día									
CVaR ₁ día									
VaR ₁₀ días									
Capital									

^{1 y 2} Considerando una ventana de tiempo de 1999 a 2023. El primer escenario del VaR estresado ordena el portafolio de menor a mayor; mientras que el segundo escenario ordena cada activo de menor a mayor.

VaR. Enfoque paramétrico

Método
paramétrico

Conce pto	2008 (000's USD, %)	2012 (000's USD, %)	2014 (000's USD, %)	2016 (000's USD, %)	2018 (000's USD, %)	2020 (000's USD, %)	2022 (000's USD, %)	2025 (000's USD, %)	Estresado 1
VaR ₁ día									
CVaR ₁ día									
VaR ₁₀ días									
Capital									

¹ y ² Considerando una ventana de tiempo de 1999 a 2023. El primer escenario del VaR estresado ordena el portafolio de menor a mayor; mientras que el segundo escenario ordena cada activo de menor a mayor.

VaR. Pruebas de estrés

La regulación en México sobre la administración de riesgos financieros en las instituciones financieras más importantes está en:

- Disposiciones de carácter general aplicables a las casas de bolsa (Circular Única de Casas de Bolsa)
 - Circular Única de Seguros y Fianzas (Circular Única de Seguros)
 - Disposiciones de carácter general aplicables a las instituciones de crédito (Circular Única de Bancos).
-

Administración actuarial de riesgos financieros

Dr. Francisco García Castillo

Anexo

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Francisco García Castillo

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Amarga experiencia

La depreciación del peso y la confianza en el éxito que tuvieron con sus coberturas en derivados en el pasado, generaron minusvalías para corporativos en el 2008.

Pérdidas por derivados

(MILLONES DE DÓLARES)

	Comercial Mexicana	1,080		Gruma	684
	Vitro	227		GISSA	*147.5
	Cemex	711		Grupo Posadas	**1,102
	Alfa	167	<p>*Cantidad que requieren sus acreedores: 94.4 millones de dólares más 716 millones de pesos</p> <p>**Millones de pesos</p>		

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

DERIVADOS, ¿SEGUROS?

La depreciación del peso y la baja de los energéticos provocaron que las empresas reconocieran pérdidas al reevaluar sus posiciones en

derivados:

Empresa	Pérdida	% de
	en mdd	sus activos
Comercial Mexicana	1,080	25
Gruma	684	18.2
Vitro	227	7.5
Alfa	191	2
Bachoco	50	2.6
Grupo Industrial Saltillo	49	4.5
Autlán	40	9.2
Grupo Posadas	38	3
Fuente: BMV, Banamex Accival, Fitch Ratings.		

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

- ❑ Son un tipo de contratos de compra o venta de moneda extranjera a futuro. Bien utilizados sirven para protegerse de las fluctuaciones cambiarias; sin embargo, tienen cláusulas especiales. Así funcionan:
 - La empresa tiene que realizar un pago en 6 meses de USD \$500 millones.
 - El tipo de cambio se ha mantenido en 10.50 pesos por dólar por bastante tiempo, por lo que la empresa desea asegurar el menor precio posible para comprar esos dólares, confiando que se mantendrá en ese nivel. Por lo tanto, la empresa negocia con un banco una opción de compra de USD \$ 500 millones a 6 meses a un tipo de cambio de 10.50 pesos por dólar.
-

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

Cláusulas del contrato

Valor del tipo de cambio: 10.50 pesos por dólar

Precio de fin de contrato: 11.50 pesos por dólar

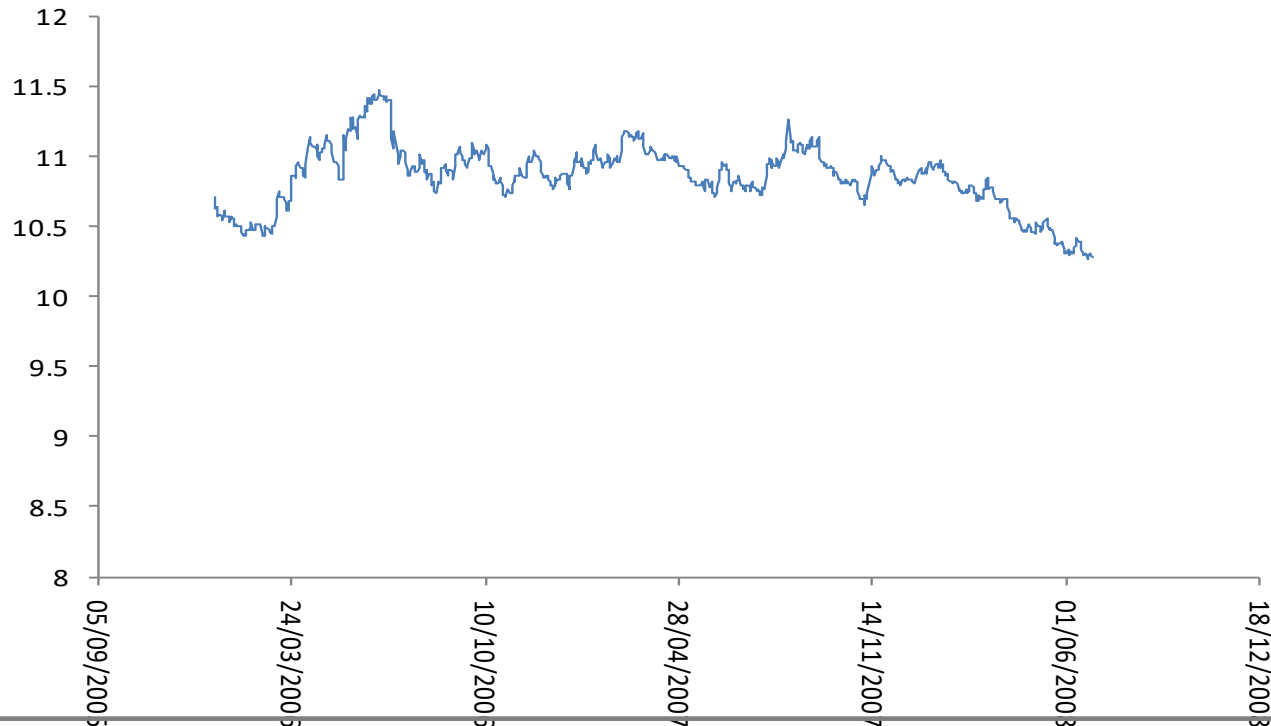
1. Si el precio del dólar se mantiene por debajo de los 11.50 pesos por dólar, la empresa ejerce la opción de compra con un descuento de 20 centavos por dólar (o sea, la empresa puede comprar USD\$ 500 millones a 10.30 pesos por dólar).
2. Si el precio supera los 11.50 pesos por dólar, la empresa deberá vender al intermediario el doble del monto contratado (USD\$ 500 millones X 2) al precio de 10.50 pesos por dólar.

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

□ En seis meses se tienen dos posibles escenarios:

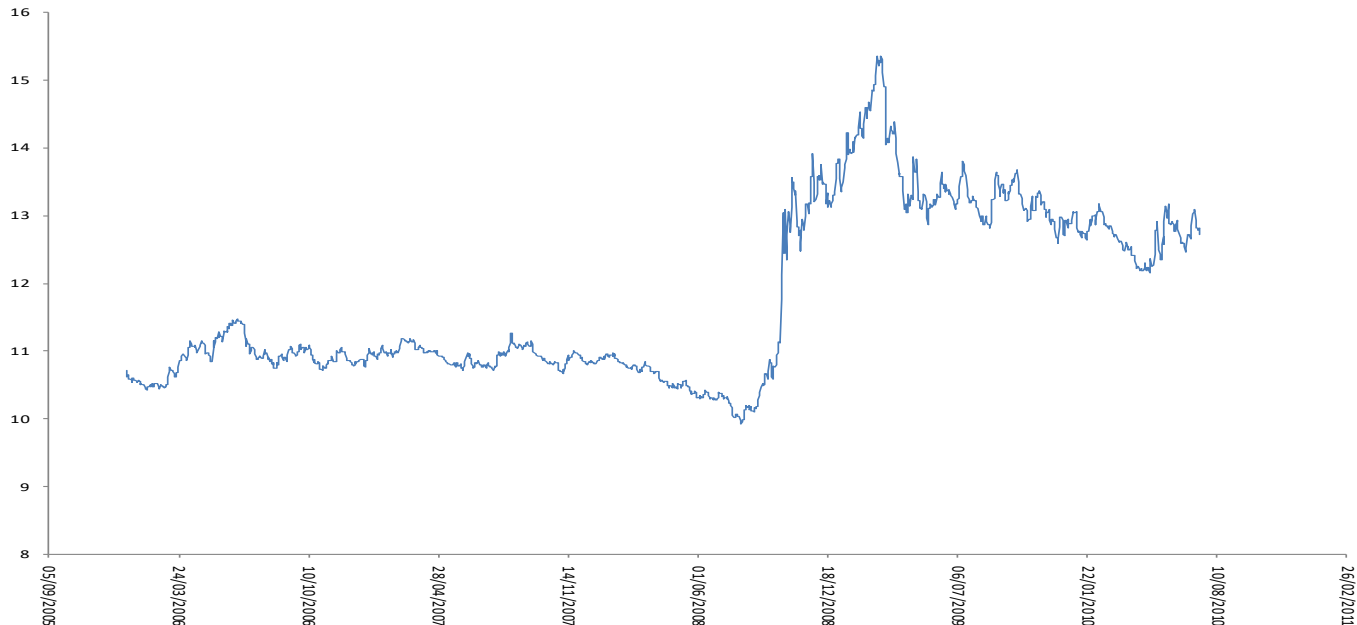
- Dólar menor a MXN\$ 11.50.- La empresa ejerce su opción de compra a 10.30, lo que se traduce en una ganancia de USD\$ 500 millones X $(10.50 - 10.30) = \text{MXP\$}100,000,000$.



Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

- Dólar mayor a MXN\$ 11.50.- Se activa la segunda cláusula: la empresa debe vender al banco USD\$ 1,000 millones, a un tipo de cambio de 10.50 pesos por dólar. Al comprar los dólares, se incrementa su demanda, por lo que sube su precio, tal vez a MXN\$ 12.50 por dólar. La pérdida sería de $\text{USD\$ } 1,000 \times (12.50 - 10.50) = \text{MXP \$2,000,000,000}$



Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

- ❑ Agustín Carstens: *“La especulación de las empresas había llevado a una presión adicional del tipo de cambio”.*
- ❑ Guillermo Ortíz: *“Han negociado con cosas que no son parte de su negocio”.*



Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

- ❑ Francisco Suárez (Actinver Casa de Bolsa): *“El caso de Comercial Mexicana es el más emblemático, ya que es el quebranto en dólares más importante en términos relativos de cualquier compañía que no tiene ingresos en dólares, lo cual habla de una práctica de administración de riesgos muy precaria”.*
 - ❑ Alejandro Cavazos (Multiva): *El problema se dio por una “confianza excesiva” en el peso y ante los buenos rendimientos que varias compañías obtuvieron en años anteriores con este tipo de operaciones.*
-

Casos de pérdidas originadas por operación con instrumentos derivados

Caso CCM: Target Accrual Redemption Notes

Laboratorio. Obtenga al 30 de septiembre y al 31 de octubre de 2008, el VaR, el CVaR; así como el VaR y el CVaR estresado diario con las últimas 500 observaciones del tipo de cambio, al 99%.
