



Maestría en Finanzas

Comparación de Metodologías VAR para el Mercado
Accionario Argentino

Iván Miguel Soñez & Juan Manuel Carnevale

I-Introducción:	3
II-Marco Teórico:	5
II.1- Definición de VAR:	5
II.2- Estimadores muestrales:	6
II.3- Agregación del tiempo:	7
II.4- VAR de un Portafolio:	8
II.5- Modelo diagonal:	9
II.6- Método Var Paramétrico (individual y de portafolio en base a una distribución normal-también conocido como metodología de Riskmetrics ®).....	10
II.7- Método VaR de portafolio histórico.....	10
II.8- Test de Hipótesis Binomial:	11
II.7- Trampas en la interpretación del VAR:	12
III- Estudio Empírico:.....	14
III.1- Consideraciones generales:	14
III.2.1- Metodología VAR paramétrico individual (caso particular de Var parametrico de portafolio con n=1):	16
III.2.2- Backtesting al 95% y 99% de nivel de confianza:	17
III.2.3- Análisis de los excesos:.....	19
III.3.1- Metodología VAR paramétrico de portafolio (método Riskmetrics):	21
III.3.2- Backtesting al 95% y 99% de nivel de Confianza:	23
III.3.3- Test de hipótesis normal – Estimador de Kupiec. (solo para Riskmetrics): ..	24
III.3.4- Análisis de los excesos:.....	26
III.3.5- Conclusión metodología VAR de portafolio (método Riskmetrics):.....	28
III.4.1- Metodología VAR histórico:	28
III.4.2- Backtesting al 95% y 99% de nivel de Confianza:	31
III.4.3- Conclusión metodología VAR Histórico:	31
III-5 Resumen Comparativo:	32
IV Conclusiones Generales:	36
V- Bibliografía:.....	37
VI Material Complementario:	38

I-Introducción:

A partir de la década del 70, comienza a observarse un período de incremento sostenido en la volatilidad de las principales variables financieras tales como tasas de interés, tipos de cambio, y precios de commodities.

Dicho incremento de la volatilidad observado en los mercados financieros crea la necesidad de desarrollo de nuevos instrumentos financieros y de nuevas técnicas para el manejo del riesgo.

El factor constante de estos sucesos es la falta de predictibilidad. Las pérdidas millonarias de Orange County, Metallgesellschaft, Barings, LTCM, UBS, etc, debido en gran medida al pobre monitoreo llevado a cabo por las gerencias generales, respecto al riesgo de mercado al cual se exponían, generó la necesidad de introducir una enmienda por parte del comité de Basilea que incluyera un requisito de capital por riesgo de mercado.

El objeto de nuestro trabajo, consistirá en testear la metodología de valor a riesgo (VaR) para el mercado accionario argentino, en su versión VAR de portafolio histórico y VAR paramétrico (individual y de portafolio en base a una distribución normal – también conocida como metodología de Riskmetrics ®).

Demostraremos que para dicho mercado, no se cumple con el principio de subaditividad, lo que significa que, para algunos casos, la sumatoria de los VAR individuales es menor al VAR del portafolio.

Mediante la realización de un Backtesting con 247 observaciones correspondientes al tercer año de la muestra bajo análisis, demostraremos que, las dos metodologías de medición del VAR, sobreestimaron los excesos esperados en cada uno de los 11 portafolios y en cada una de las 10 acciones domésticas analizadas individualmente en el presente trabajo. Asimismo, se realizará una cuantificación de los excesos realizados para ver las oscilaciones que presenta el mercado argentino de acciones.

Adicionalmente, mostraremos que la metodología Riskmetrics obtuvo una mejor estimación del verdadero valor a riesgo del portafolio. Sin embargo, también demostraremos, mediante el uso de un test de hipótesis binomial, (estadístico L_{ruc}), que la metodología VAR Riskmetrics mide bien trabajando con un 95% de certeza y tomando un χ^2 al 5%. Por el contrario, trabajando con un 99% de certeza, no podemos arribar a la misma conclusión.

El documento esta organizado de la siguiente manera:

En la segunda sección de este trabajo, introduciremos el marco teórico necesario para poder entender el funcionamiento del VAR. Analizaremos también aquellos temas relacionados con las distintas metodologías VAR, a saber: los estimadores muestrales, la agregación del tiempo y sus implicancias, la volatilidad, la varianza, el VAR de un Portafolio, el modelo diagonal de Sharpe, describiremos el test de hipótesis binomial utilizando el estimador LR_{uc} para analizar como mide el VAR metodología Riskmetris y por último detallaremos las trampas en la interpretación del VAR.

En la tercera sección de este trabajo, utilizando como muestra a los rendimientos geométricos diarios observados durante los años 2003 y 2004 (505 observaciones), calculando dichos rendimientos como: $R_p = \ln (P_t / P_{t-1})$, desarrollaremos un estudio empírico del funcionamiento del VAR en las dos versiones propuestas para el mercado accionario argentino. Para ello, tomaremos una muestra de 11 portafolios de diversa composición y 10 acciones analizadas de manera individual.

El principal objetivo de esta sección será cuantificar y comparar las dos metodologías de medición del VAR.

En la cuarta sección, expondremos las principales conclusiones, y presentaremos los cuadros y gráficos comparativos generales.

Se cierra con el material bibliográfico, y un anexo con material de respaldo de la investigación.

II-Marco Teórico:

En esta sección desarrollaremos el marco teórico necesario para poder entender el funcionamiento del VAR. En la primera parte de esta sección, empezaremos dando su definición y utilidades. En la segunda parte, explicaremos todo lo relacionado a los estimadores muestrales, dada la importancia de estos en este estudio. En la tercera parte, analizaremos la agregación del tiempo y sus implicancias, en donde introduciremos un supuesto muy importante: los rendimientos no están correlacionados en intervalos sucesivos de tiempo. En esta parte, estudiaremos las relaciones entre la volatilidad y el tiempo. En la cuarta parte, describiremos el VAR para un Portafolio, explicando el funcionamiento de la varianza y la covarianza. En la quinta parte de esta sección analizaremos el Modelo Diagonal propuesto por Sharpe en su formato matricial. En la sexta parte, explicaremos el funcionamiento del Test de hipótesis binomial, estimador *Lruc*, propuesto por Kupiec, con el cual analizaremos como mide el VAR de la metodología Riskmetrics. Y por último, en la sexta parte de esta sección describiremos los Riesgos de estabilidad y eventos.

II.1- Definición de VAR:

El VAR es un método para cuantificar el riesgo, el cual utiliza técnicas estadísticas estándar que se usan de manera rutinaria en otros campos técnicos. En términos formales, el VAR mide la peor pérdida esperada en un intervalo de tiempo determinado, bajo condiciones normales del mercado ante un nivel de confianza dado. El VAR proporciona a los usuarios una medida resumida del riesgo de mercado. El proceso que conduce a obtener el VAR puede utilizarse para decidir donde reducir el riesgo.

El VAR combina la exposición a una fuente de riesgo con la probabilidad de un movimiento adverso en el mercado.

El VAR debería ser visto como un procedimiento necesario pero no suficiente para el control de riesgos.

El VAR es útil para una serie de propósitos:

- Presentación de información: El VAR puede ser útil para que la alta dirección evalúe los riesgos que corren las operaciones de mercado y de inversión. Además, el VAR comunica a los accionistas los riesgos financieros de la empresa en términos no técnicos.
- Asignación de recursos: El VAR puede utilizarse para determinar límites de posición a los operadores y para decidir donde asignar los recursos limitados de capital. La ventaja del VAR es que crea un denominador común con el cual comparar las actividades riesgosas en diversos mercados. También el riesgo total de la empresa puede descomponerse en VAR's "incrementales" que permiten a los usuarios descubrir que posiciones contribuyen más al riesgo total.
- Evaluación del desempeño: El VAR puede utilizarse para ajustar el desempeño por riesgo. Los cargos de capital de riesgo basados en medidas de VAR proporcionan incentivos corregidos a los operadores.
- Expertos en regulación: La regulación prudencial de las instituciones financieras requiere el mantenimiento de niveles mínimos de capital como reservas contra el riesgo financiero. El comité de Basilea para la supervisión Bancaria, el Banco de la Reserva Federal de los Estados Unidos y los reguladores en la Unión Europea han coincidido en aceptar el VAR como una medida aceptable del riesgo.

II.2- Estimadores muestrales:

En la práctica, la distribución de las tasas de rendimiento usualmente se estima sobre cierto número de periodos previos, asumiendo que todas las observaciones son idénticas e independientemente distribuidas (iid). Si T es el número de observaciones, el rendimiento esperado, o primer momento de la distribución, $\mu = E(x)$ puede ser estimado por la media muestral:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T X_i$$

Y la varianza, o segundo momento de distribución $\sigma^2 = E[(X - \mu)^2]$ puede ser estimada por la varianza muestral:

$$\sigma^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{i=1}^T (x_i - \hat{\mu})^2$$

La raíz cuadrada de σ^2 es la desviación estandar de X, frecuentemente llamada volatilidad. Mide el riesgo de un valor como la dispersión de los resultados alrededor de su valor esperado o promedio.

II.3- Agregación del tiempo:

Los reguladores se están inclinando actualmente a exigir un horizonte de dos semanas, el cual es considerado el periodo necesario para desarmar una posición de trading.

Para comparar los riesgos a través de los horizontes, necesitamos un método de traducción, un problema conocido como agregación del tiempo en econometría.

Para agregar en el tiempo, se introduce ahora un supuesto extremadamente importante: los rendimientos no están correlacionados en intervalos sucesivos de tiempo. Este supuesto es conocido como principio de autocorrelación cero.

$$P(X_t * X_{t-1}) = 0$$

Este supuesto es consistente con los mercados eficientes, donde el precio actual incluye toda la información relevante acerca de un activo en particular. De ser así, todos los cambios en el precio deben originarse de noticias que, por definición, no pueden ser anticipadas y por lo tanto, no deben estar correlacionadas en el tiempo: los precios siguen un camino aleatorio. El término cruzado, es decir, la covarianza entre X_1 y X_2 debe ser igual a 0.

Tanto el rendimiento esperado como la varianza se incrementan linealmente con el tiempo.

La volatilidad, en cambio, crece con la raíz cuadrada del tiempo.

II.4- VAR de un Portafolio:

El VAR de un portafolio puede construirse a partir de una combinación de los riesgos de los valores subyacentes. El rendimiento esperado del portafolio es:

$$(Rp) = \ln (P_t / P_{t-1})$$

$$E(R_p) = \mu_p = \sum_{i=1}^N w_i \mu_i = \mathbf{w}' \boldsymbol{\mu}$$

Definiendo Σ como la matriz de covarianzas, la varianza del portafolio puede escribirse de manera mas compacta como:

$$\sigma_p^2 = \mathbf{w}' \Sigma \mathbf{w}$$

Utilizando una distribución normal, la medida de VAR es entonces multiplicada por la inversión inicial.

La covarianza es una medida de la formula en que dos variables juntas se mueven linealmente. Si dos variables son independientes, su covarianza es igual a 0. Una covarianza positiva significa que ambas variables tienden a moverse en la misma dirección, una covarianza negativa significa que tienden a moverse en direcciones opuestas.

Cuando la correlación es 0, la ecuación se reduce a:

$$\sigma_p^2 = V(R_1 + R_2) = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 = (w_1^2 + w_2^2) V(R)$$

El riesgo del portafolio debe ser mas bajo que la suma de los riesgos individuales.

Generalmente, el VAR “no diversificado” es la suma de las medidas de VAR individuales. La diversificación en activos perfectamente correlacionados (correlación=1) no aporta a la reducción del riesgo. Podemos expandir la varianza del portafolio como:

$$\text{VAR} = \text{VAR} \left(\sum_{i=1}^N w_i \beta_i \right) = \text{VAR}_1 + \text{VAR}_2 + \dots$$

II.5- Modelo diagonal:

Originalmente propuesto por Sharpe en el contexto de los portafolios accionarios.

El supuesto es que el movimiento común en todos los activos se debe a un solo factor común, el mercado. Formalmente, el modelo es:

$$R_i = \beta_i R_m + \alpha_i + \varepsilon_i$$
$$E(\varepsilon_i) = 0, E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0, E(\varepsilon_i R_m) = 0, E(\varepsilon_i^2) = \sigma_{\varepsilon,i}^2$$

El rendimiento del activo i es derivado del rendimiento del mercado R_m y por un termino aleatorio ε_i el cual no esta correlacionado con el mercado ni a través de los distintos activos. Como resultado, la varianza puede descomponerse como:

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_{\varepsilon,i}^2 \quad \sigma_{i,j}$$

La covarianza entre dos activos es:

$$\sigma_{i,j}^2 = \beta_i \beta_j \sigma_m^2$$

Escrita en notación matricial, la matriz de covarianzas es:

$$\Sigma = \beta\beta^t \sigma_m^2 + \mathbf{Id} \sigma_{\varepsilon,i}^2 = \beta\beta^t \sigma_m^2 + D_\varepsilon$$

La varianza de portafolios grandes bien diversificados se simplifica aun más, reflejando solo la exposición al factor común. La varianza del portafolio es:

$$VaR(R_p) = VaR(\mathbf{w}^t \mathbf{R}) = \mathbf{w}^t \Sigma \mathbf{w} = (\mathbf{w}^t \beta \beta^t \mathbf{w}) \sigma_m^2 + \mathbf{w}^t \mathbf{D}_\varepsilon \mathbf{w}$$

El segundo término consiste en $\sum_{i=1}^N W_i^2 \sigma_{\varepsilon,i}^2$. Pero este término se vuelve muy pequeño a medida que se incrementa el número de valores en el portafolio. Por lo tanto, la varianza del portafolio converge a

$$VaR(R_p) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} (\mathbf{w}^t \boldsymbol{\beta} \boldsymbol{\beta}^t \mathbf{w}) \sigma_m^2$$

La cual depende de un solo factor. Esta aproximación es particularmente útil para establecer el VAR de un portafolio que conste de múltiples acciones. Ha sido adoptado por el comité de Basilea para reflejar el riesgo de mercado de portafolios bien diversificados.

II.6- Método VaR Paramétrico (individual y de portafolio en base a una distribución normal-también conocido como metodología de Riskmetrics ®)

El Var de portafolio según la metodología Riskmetrics se obtiene mediante una multiplicación de matrices tal cual se describe en la siguiente ecuación:

$$\text{VAR Riskmetrics} = [\text{raiz}(\mathbf{X}' \boldsymbol{\Sigma} \mathbf{X})]^* \alpha$$

Donde:

\mathbf{X}' : representa a la matriz traspuesta con los montos invertidos en cada acción.

$\boldsymbol{\Sigma}$: representa a la matriz de covarianzas de los activos que componen el portafolio

\mathbf{X} : representa a la matriz con los montos invertidos en cada acción.

α : representa el ponderador dependiente del nivel de confianza (ej: 1.65 para un nivel de confianza del 95%, y 2.32 para un nivel de confianza del 99%)

Esta metodología será desarrollada en profundidad en la sección III correspondiente al Estudio Empírico.

II.7- Método VaR de portafolio histórico

Para calcular el VAR Histórico se procede de la siguiente manera:

1. Se calculan los retornos diarios geométricos de cada uno de los activos que integran el portafolio analizado.
2. A dichos retornos diarios geométricos se los multiplica por el monto invertido (notional) en cada activo integrante del portafolio, obteniendo así el Profit & Loss (P&L) diario de cada activo.
3. Luego se procede a calcular el P&L diario total del portafolio mediante la suma de los P&L diarios de los activos integrantes del portafolio (tal como fueron calculados en el punto precedente)
4. Se ordenan los P&L diarios totales del portafolio de manera ascendente
5. Para calcular el VAR histórico, por ejemplo al 95% de nivel de confianza, se calcula el número de observaciones que corresponden al 5% de la muestra. A modo de ejemplo, tomando una muestra 505 observaciones, dicho 5% representará 25 observaciones.
6. Finalmente, se toma como VAR el valor del P&L diario correspondiente a la observación N° 26.

Esta metodología también será analizada más detalladamente en la sección III correspondiente al Estudio Empírico.

II.8- Test de Hipótesis Binomial:

A continuación se describe un test para medir la calidad de los VaR estimados. Se considera en particular el período correspondiente al año 2005 (247 días), el cual fue utilizado para realizar el backtesting de los 11 portafolios y 10 acciones contenidos en el presente estudio.

Si las excepciones (definidas como los días en los cuales la pérdida supera el VaR estimado) se consideran modeladas como extracciones independientes de una distribución binomial con $p=1\%$, un estimador de VAR preciso debería exhibir la propiedad de la cobertura incondicional $\alpha = X / 247$ igual a 1% (donde α es la proporción de excepciones y X es el número de excepciones).

Un cociente de verosimilitud adecuado para testear si la cobertura real es de 95% y 99% con un esquema de monitoreo no frecuente, fue propuesto por Kupiec (1995):

$$LRuc = 2 \left[\frac{\alpha^x (1 - \alpha)^{247-x}}{0.01^x (1 - 0.01)^{247-x}} \right] \text{distribuido como } \chi^2(1) \text{ 1\% y } \chi^2(5) \text{ 5\%}$$

Kupiec observa que este estimador LRuc converge a una distribución Chi cuadrada con un grado de libertad. En la tercera sección explicaremos en detalle el funcionamiento de dicho estimador y las principales conclusiones a las que arribamos.

Regla de decisión: si $LRuc > \chi^2$ decimos que el estimador es bueno.

II.9- Trampas en la interpretación del VAR:

Se debe tener en cuenta que la metodología VAR, a pesar de ser una buena herramienta de monitoreo de los riesgos financieros, también presenta algunas limitantes, a saber:

- Riesgos de estabilidad y de eventos: El principal defecto de los modelos basados en datos históricos es que asumen que el pasado reciente es una buena proyección de eventos aleatorios futuros. Aún si los datos han sido perfectamente ajustados, no hay garantía de que el futuro no ocultará sorpresas desagradables de eventos que no ocurrieron en el pasado. Las sorpresas pueden asumir dos formas, pueden ser eventos que ocurren una sola vez (tales como una devaluación o incumplimiento) o cambios estructurales (por ej. pasar de tipos de cambio fijos a flotantes). Aquellas situaciones donde los patrones históricos cambian abruptamente ocasionan estragos en los modelos basados en datos históricos.
- Posiciones Cambiantes: El ajuste típico se hace mediante la raíz cuadrada del factor tiempo, suponiendo posiciones constantes.
- Riesgo de forma funcional: Esta es la forma mas pura del riesgo modelo. Los errores de valuación, que se dan cuando se utiliza la metodología Riskmetrics únicamente, pueden surgir si la función particular elegida para valuar un título es incorrecta.

- Riesgo de parámetro: También conocido como riesgo de estimación, el riesgo de parámetro se deriva de la imprecisión en la medición de los parámetros, cuando se utiliza la metodología Riskmetrics únicamente. Un método alternativo consiste en muestrear sobre diferentes intervalos. Si las medidas de riesgo parecen ser sensibles a la elección particular del periodo muestral, entonces el riesgo de estimación puede ser serio. El riesgo de estimación se incrementa con el número de parámetros estimados.
- Riesgo de sembrar datos: Ocurre cuando se busca a través de varios modelos y se reporta solo aquel que ofrece buenos resultados. Esto es particularmente un problema con modelos no lineales, lo cual implica buscar no solo entre los valores de parámetros sino también entre diferentes formas funcionales.
- El sesgo de sobrevivencia: La sobrevivencia surge cuando un proceso de inversión solo considera series, mercados, acciones, bonos o contratos que aun existen. El problema es que no se analiza los datos que han tenido un mal desempeño. El análisis basado en datos actuales, por lo tanto, tiende a proyectar una imagen demasiado optimista o a mostrar ciertas características.

III- Estudio Empírico:

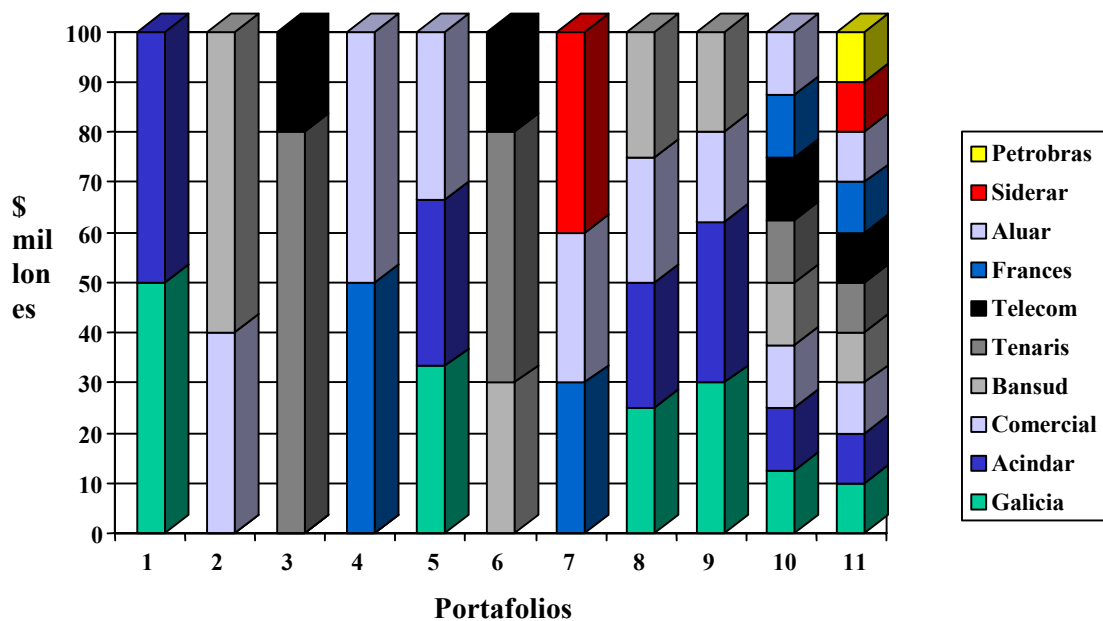
III.1- Consideraciones generales:

En esta sección realizaremos una comparación empírica entre dos metodologías alternativas de medición del VAR aplicadas al mercado accionario local, a saber:

- Metodología VAR con distribución normal (método Riskmetrics)
- Metodología VAR histórico, que no asume forma funcional alguna.

Cada una de las metodologías mencionadas será aplicada a una muestra de 10 acciones domésticas tomadas (a) cada una como si fuera un portafolio compuesto por una sola acción y (b) distribuidas en 11 portafolios de igual valor nocional (\$100M), pero de distinta composición en cuanto a número de activos y participación porcentual de los mismos. Cuando hablamos de acciones individuales, suponemos un portafolio compuesto por una sola acción en donde invertimos los (\$100M).

Composición de los Portafolios



Como se observa en el gráfico, los once portafolios analizados se componen y distribuyen de la siguiente manera:

- 4 Portafolios de 2 Activos:
 - Portafolio 1: (Galicia \$50M, Acindar \$50M)
 - Portafolio 2: (Comercial \$40M, Bansud \$60M)
 - Portafolio 3: (Tenaris \$80M, Telecom. \$20M)
 - Portafolio 4: (Frances \$50M, Aluar \$50M)

- 3 Portafolios de 3 Activos:
 - Portafolio 5: (Galicia \$33.3M, Acindar \$33.3M, Comercial \$33.3M)
 - Portafolio 6: (Bansud \$30M, Tenaris \$50M, Telecom. \$20M)
 - Portafolio 7: (Frances \$30M, Aluar \$30M, Siderar \$40M)

- 2 Portafolios de 4 Activos:
 - Portafolio 8: (Galicia \$25M, Acindar \$25M, Comercial \$25M, Telecom.\$25M)
 - Portafolio 9: (Bansud \$30M, Tenaris \$32M, Frances \$18M, Aluar\$20M)

- 1 Portafolio de 8 Activos:
 - Portafolio 10: (Galicia \$12.5M, Acindar \$12.5M, Comercial \$12.5M, Telecom.\$12.5M, Bansud \$12.5M, Tenaris \$12.5M, Frances \$12.5M, Aluar\$12.5M)

- 1Portafolio de 10 Activos:
 - Portafolio 11: (Galicia \$10M, Acindar \$10M, Comercial \$10M, Telecom.\$10M, Bansud \$10M, Tenaris \$10M, Frances \$10M, Aluar\$10M, Siderar \$10M, Petrobras \$10M)

El objetivo central del estudio será intentar determinar cual de las dos metodologías mencionadas, aplicadas al mercado accionario doméstico, estima mejor los excesos.

Para ello, cada una de las dos metodologías alternativas de cálculo del VAR será aplicada a cada acción por separado y a los 11 portafolios mencionados, cada uno de ellos compuestos por series de observaciones diarias de rendimientos abarcando un período de tres años (desde el 2-01-2003 al 29-12-2005), es decir, trabajaremos con una serie de 750 observaciones diarias. De los cuales, tomaremos como ventana de estimación a los dos primeros años y para testear las estimaciones tomaremos el último año. La serie fue tomada de las bases de la bolsa argentina (precios de cierre, fuente: Bloomberg) y la forma en la que calculamos los rendimientos fue a través de la utilización de la fórmula los retornos geométricos:

$$(Rp) = \ln (P_t / P_{t-1})$$

Cabe aclarar que, a efectos de evitar posibles ruidos en el análisis estadístico de las series, se consideraran sólo las observaciones correspondientes a los días hábiles de mercado..

Con el objetivo de medir la bondad de ajuste de cada una de las dos metodologías (Riskmetrics individual es un caso particular de Riskmetrics de portafolio con n=1), se procederá en cada caso a realizar un “Backtesting”. Para ello, se utilizará una técnica de backtesting simple consistente en dividir el total de observaciones en 2 submuestras, la ventana de estimación (primeros 2 años de la muestra, de 503 observaciones diarias) se utilizará para calcular los VAR utilizando cada una de las dos metodologías, y luego la segunda para (último año de la muestra, de 247 observaciones) intentar concluir cual de las dos metodologías de medición del VAR se ajusta con mayor precisión a los valores reales observados en el mercado accionario doméstico.

En los puntos siguientes, explicaremos en detalle, la metodología de cálculo de cada una de las dos alternativas de medición del VAR analizadas en este trabajo, y comentaremos las principales conclusiones que se derivan del análisis empírico propuesto.

III.2.1- Metodología VAR paramétrico individual (caso particular de Var parametrico de portafolio con n=1):

- Cantidad de Observaciones: 503 (desde el 2-01-2003 al 1-01-2005)
- Metodología de calculo: A efectos de calcular los VAR individuales se procede de la siguiente manera:

1. Se calculan los retornos geométricos por serie: $R_t = \ln (P_t / P_{t-1})$
2. A dicha serie se le calcula el desvío estándar (σ)
3. Luego se calcula el VAR individual con la siguiente formula:

$$\text{VAR} = \sigma * \alpha * X$$

Donde:

X: representa el monto invertido en el activo individual

α : representa el ponderador dependiente del nivel de confianza (ej:1.65 para un nivel de confianza del 95%, y 2.32 para un nivel de confianza del 99%)

σ : es la volatilidad del activo

4. A efectos de realizar el ejercicio numérico se consideró una inversión de \$100.000.000 por cada activo.

- Resultados:

Cuadro resumen VAR individual al 95% y 99% de nivel de confianza:

	Galicia	Acindar	Comercial	Telecom	Bansud
Notional	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000
Desv. Estandar	3,05%	2,69%	4,38%	2,96%	2,67%
Var Individual (99%)	7.069.974	6.242.048	10.161.005	6.870.000	6.186.952
Var Individual (95%)	5.028.214	4.439.388	7.226.577	4.885.992	4.400.203

	Tenaris	Frances	Aluar	Siderar	Petrobrás
Notional	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000
Desv. Estandar	2,16%	3,01%	2,92%	2,39%	1,99%
Var Individual (99%)	5.017.626	6.982.207	6.765.242	5.537.782	4.622.162
Var Individual (95%)	3.568.570	4.965.794	4.811.487	3.938.509	3.287.313

III.2.2- Backtesting al 95% y 99% de nivel de confianza:

- Cantidad de Observaciones: 247 (desde el 02-01-2005 al 29-12-2005)

- Metodología de cálculo: Para realizar el Backtesting de los VAR individuales calculados en el punto anterior se procede de la siguiente manera:

1. Se contabilizan la cantidad de observaciones realizadas menores a los VAR respectivos. Por ejemplo, tomando el caso de Galicia, el VAR al 95% es de \$5.028.214. Por lo tanto se procede a contabilizar la cantidad de observaciones con una pérdida mayor a -\$5.028.210.
2. Se comparan dichas cantidades con los valores esperados. En este ejercicio particular, la cantidad de excesos esperados es de 12.35. Dicho número se deriva de calcular el 5% correspondiente a las 247 observaciones que contiene la muestra.
3. La comparación entre los excesos realizados y los excesos esperados nos permiten ver si hubo una sobre o una sub estimación del riesgo. Siguiendo con el ejemplo de Galicia, observamos que el método de VAR individual parece sobreestimar el riesgo, ya que tal cual se puede observar en el cuadro resumen de eventos, la cantidad de excesos efectivamente realizados (4) es menor a la cantidad de excesos esperados (12.35).

Cuando analicemos la metodología Riskmetrics, compararemos la metodología usada en esta sección contra el Riskmetrics y realizaremos el test estadístico de Kupiec para ver si la metodología que supone una distribución normal funciona bien.

4. En otras palabras, continuando con el ejemplo de Galicia, podemos decir que el método VAR individual sobreestima el riesgo verdadero en un 3.38%. Dicho porcentaje surge de aplicar la siguiente ecuación:

$$(Excesos Esperados - Excesos Realizados) / Cantidad de Observaciones$$

- Resultados:

Cuadro resumen de Excesos esperados vs. realizados al 95% y 99% de nivel de Confianza:

	Galicia	Acindar	Comercial	Telecom	Bansud
Excesos Realizados al 95%	4	5	0	1	2
Excesos Esperados al 95%	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35
Sobre/ Subestimación Riesgo al 95%	3,38%	2,98%	5,00%	4,60%	4,19%
Excesos Realizados al 99%	0	2	0	1	0
Excesos Esperados al 99%	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
Sobre/ Subestimación Riesgo al 99%	1,00%	0,19%	1,00%	0,60%	1,00%

	Tenaris	Frances	Aluar	Siderar	Petrobras
Excesos Realizados al 95%	12	2	0	1	2
Excesos Esperados al 95%	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35
Sobre/ Subestimación Riesgo al 95%	0,14%	4,19%	5,00%	4,60%	4,19%
Excesos Realizados al 99%	4	0	0	1	0
Excesos Esperados al 99%	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
Sobre/ Subestimación Riesgo al 99%	-0,62%	1,00%	1,00%	0,60%	1,00%

III.2.3- Análisis de los excesos:

- Cantidad de Observaciones: 247 muestras utilizadas para el Backtesting.
- Metodología de cálculo:
 1. De la información contenida en los archivos complementarios extraemos (con signo positivo) los excesos observados en el Backtesting.
 2. Dichos excesos los dividimos por el VAR individual de cada acción.
 3. De esta manera, obtenemos el porcentaje en que el exceso observado supera al VAR.
 4. A modo de ejemplo tomemos el Ejemplo de la Acción de Telecom. Se produjo un exceso por un monto de \$8.667.348. El VAR individual al 95% de confianza es de \$4.885.992. La división de ambos números nos indica que en la ocasión en que la acción cayó por debajo del VAR, lo hizo un 77% más de lo esperado por el VAR. La misma operación será realizada para los valores de VAR al 99% de confianza.

Cuadro I resumen de medición de Excesos realizados al 95% de confianza:

Accion	VAR	Excesos	1% al 5%	6% al 10%	11% al 20%	20% al 50%	mas de 50%
Galicia	5.028.214	4	2	0	1	1	0
Acindar	4.439.388	5	2	0	0	1	2
Bansud	4.400.203	2	0	1	1	0	0
Comercial	7.226.577	0	0	0	0	0	0
Tenaris	3.568.570	12	1	2	2	5	2
Telecom	4.885.992	1	0	0	0	0	1
Frances	4.965.794	2	1	0	0	1	0
Aluar	4.811.487	2	1	0	0	0	1
Siderar	3.938.509	7	0	1	1	4	1
Petrobrás	3.287.313	8	2	0	1	3	2

En el cuadro I se puede apreciar que 6 de 10 acciones tuvieron, al menos una vez, caídas superiores al 50% del VAR. Podemos apreciar el mismo porcentaje de acciones en la banda que mide caídas entre el 20% y el 50%, con la particularidad que, dentro del sector siderúrgico (sin tomar en cuenta a Acindar) y Petrobrás, se da la particularidad que al producirse los excesos, estos son más marcados que el resto de las acciones analizadas.

Cuadro II resumen de medición de Excesos realizados al 99% de confianza:

Accion	VAR	Excesos	1% al 5%	6% al 10%	11% al 20%	20% al 50%	mas de 50%
Galicia	7.069.974	0	0	0	0	0	0
Acindar	6.242.048	2	0	1	0	1	0
Bansud	6.186.952	0	0	0	0	0	0
Comercial	10.161.005	0	0	0	0	0	0
Tenaris	5.017.626	4	0	3	0	1	0
Telecom	6.870.000	1	0	0	0	1	0
Frances	6.982.207	0	0	0	0	0	0
Aluar	6.765.242	1	0	0	0	0	1
Siderar	5.537.782	2	1	0	1	0	0
Petrobras	4.622.162	3	1	0	0	2	0

En el cuadro II, destacamos el caso de Aluar, si bien es cierto que tiene un solo exceso, este es superior en un 81% al VAR histórico, calculado al 99% de confianza. Creemos que éste es un caso testigo que evidencia los imponderables dentro de las finanzas y las restricciones que posee el VAR como medida de riesgo.

III.2.4- Conclusión metodología VAR paramétrico individual:

- Del análisis del Backtesting podemos concluir que la metodología del VAR individual funciona bastante bien, ya que no se observan grandes desviaciones entre los Excesos Realizados y los Excesos Esperados.
- Tal cual puede observarse en el cuadro, el mayor desvío entre Exceso Realizado y Exceso Esperado, se da en los casos de Comercial y de Aluar, ambos con una diferencia de 12,35 observaciones, lo que representa una sobreestimación del riesgo del 5%, ambas calculadas para un nivel de confianza del 95%.
- Cabe destacar, como conclusión relevante, que en todos los casos, a excepción de Tenaris (al 99% de nivel de confianza), la metodología VAR individual sobreestima el verdadero riesgo realizado.

III.3.1- Metodología VAR paramétrico de portafolio (método Riskmetrics):

Cabe reiterar la aclaración de que esta metodología es el caso general para n activos y que la metodología que denominamos VaR individual es un caso particular con n=1.

- Cantidad de Observaciones: 503 (desde el 2-01-2003 al 1-01-2005)
- Metodología de calculo: A efectos de calcular el VAR de portafolio según la metodología Riskmetrics, se procede a realizar una multiplicación de matrices de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{VAR Riskmetrics} = [\text{raiz} (X' \sum X)] * \alpha$$

Donde:

X': representa a la matriz traspuesta con los montos invertidos en cada acción.

\sum : representa a la matriz de covarianzas de los activos que componen el portafolio

X: representa a la matriz con los montos invertidos en cada acción.

α : representa el ponderador dependiente del nivel de confianza (ej: 1.65 para un nivel de confianza del 95%, y 2.32 para un nivel de confianza del 99%)

A fin de ejemplificar la presente metodología tomaremos el caso del Portafolio 8 compuesto por cuatro activos (Galicia \$25M, Acindar \$25M, Comercial \$25M, Telecom \$25M), del cual se derivan los siguientes resultados:

Matriz traspuesta con montos invertidos por acción (X')

<u>Galicia</u>	<u>Acindar</u>	<u>Comercial</u>	<u>Telecom</u>
\$ 25,000,000	\$ 25,000,000	\$ 25,000,000	\$ 25,000,000

Matriz de Covarianza (R):

	<i>Rend GGAL</i>	<i>Rend ACIN</i>	<i>Rend COME</i>	<i>Rend TECO2</i>
<i>Rend GGAL</i>	0.00172	0.00133	0.00164	0.00135
<i>Rend ACIN</i>	0.00151	0.00136	0.00151	0.00122
<i>Rend COME</i>	0.00114	0.00093	0.00232	0.00087
<i>Rend TECO2</i>	0.00139	0.00111	0.00128	0.00141

Matriz con montos invertidos por acción (X):

<i>Galicia</i>	\$ 25,000,000
<i>Acindar</i>	\$ 25,000,000
<i>Comercial</i>	\$ 25,000,000
<i>Telecom</i>	\$ 25,000,000

VAR Riskmetrics (99%) = [raiz (X'E X)]*α = [2.458.515] * 2.32 = \$ 5.703.755

VAR Riskmetrics (95%) = [raiz (X'E X)]*α = [2.458.515] * 1.65 = \$ 4.056.550

- Resultados: aplicando la metodología anterior a cada acción y los 11 portafolios analizados obtenemos:

	Riskmetrics al 95%	Riskmetrics al 99%
Porfolio 1	4.278.487	6.015.812
Porfolio 2	4.887.229	6.871.741
Porfolio 3	3.400.858	4.781.812
Porfolio 4	3.769.469	5.300.101
Porfolio 5	4.393.961	6.178.176
Porfolio 6	3.204.701	4.506.004
Porfolio 7	3.300.730	4.641.027
Porfolio 8	4.056.550	5.703.755
Porfolio 9	3.065.862	4.310.788
Portfolio 10	3.226.052	4.536.025
Portfolio 11	3.173.688	4.462.397
Galicia	5.023.224	7.062.957
Acindar	4.434.982	6.235.853
Bansud	4.395.835	6.180.811
Comercial	7.219.404	10.150.920
Tenaris	3.565.028	5.012.646
Telecom	4.881.142	6.863.181
Frances	4.960.865	6.975.277
Aluar	4.806.711	6.758.528
Siderar	3.934.599	5.532.285
Petrobras	3.284.050	4.617.574

III.3.2- Backtesting al 95% y 99% de nivel de Confianza:

Aplicando la metodología de backtesting simple, tal como se explicó en el punto III.2.2 precedente, se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro resumen de Excesos Esperados vs. Realizados al 95% y 99% de nivel de confianza:

	AI 95%			AI 99%		
	Obs. Esperadas	Obs. Realizadas Riskmetrics	Sobre/sub estimación	Obs. Esperadas	Obs. Realizadas Riskmetrics	Sobre/sub estimación
Porfolio 1	12,35	5	2,98%	2,47	0	1,00%
Porfolio 2	12,35	1	4,60%	2,47	0	1,00%
Porfolio 3	12,35	9	1,36%	2,47	2	0,19%
Porfolio 4	12,35	3	3,79%	2,47	1	0,60%
Porfolio 5	12,35	3	3,79%	2,47	0	1,00%
Porfolio 6	12,35	5	2,98%	2,47	0	1,00%
Porfolio 7	12,35	5	2,98%	2,47	2	0,19%
Porfolio 8	12,35	2	4,19%	2,47	0	1,00%
Porfolio 9	12,35	5	2,98%	2,47	0	1,00%
Portfolio 10	12,35	3	3,79%	2,47	1	0,60%
Portfolio 11	12,35	5	2,98%	2,47	1	0,60%
Galicia	12,35	4	3,38%	2,47	0	1,00%
Acindar	12,35	5	2,98%	2,47	2	0,19%
Bansud	12,35	2	4,19%	2,47	0	1,00%
Comercial	12,35	0	5,00%	2,47	0	1,00%
Tenaris	12,35	12	0,14%	2,47	4	-0,62%
Telecom.	12,35	1	4,60%	2,47	1	0,60%
Frances	12,35	2	4,19%	2,47	0	1,00%
Aluar	12,35	2	4,19%	2,47	1	0,60%
Siderar	12,35	7	2,17%	2,47	2	0,19%
Petrobrás	12,35	8	1,76%	2,47	3	-0,21%

III.3.3- Test de hipótesis normal – Estimador de Kupiec. (solo para Riskmetrics):

Aplicando la siguiente fórmula, obtenemos el estadístico *Lruc*.

$$LRuc = 2 \left[\frac{\alpha^x (1 - \alpha)^{247-x}}{0.01^x (1 - 0.01)^{247-x}} \right] \text{distribuido como } \chi^2(1) \text{ 1\% y } \chi^2(5) \text{ 5\%}$$

Cuanto mayor sea el número de excesos, menor será el estimador *Lruc*.

Podemos decir que el estimador VAR mide bien, si el *Lruc*, da por encima de 3,842 para un nivel de confianza del 95% y por encima de 6,635 para un nivel de confianza del 99%

Es importante remarcar que los porcentajes 1% y 5% del χ^2 no están vinculados con los demás porcentajes utilizados en este estudio. Por consiguiente, obtendremos cuatro

columnas en donde podremos contar los casos en los que al 95% y 99% de confianza, el estimador VAR mida bien.

Cuadro resumen del estadístico Lruc con el 95% de certeza:

al 95 %	χ^2 (1%)	χ^2 (5%)	Obs. Esperadas	Obs. Realizadas Riskmetrics	Lruc	Control 1%	Control 5%
Porfolio 1	6,635	3,842	12,35	5	5,886	0	1
Porfolio 2	6,635	3,842	12,35	1	18,213	1	1
Porfolio 3	6,635	3,842	12,35	9	1,052	0	0
Porfolio 4	6,635	3,842	12,35	3	10,577	1	1
Porfolio 5	6,635	3,842	12,35	3	10,577	1	1
Porfolio 6	6,635	3,842	12,35	5	5,886	0	1
Porfolio 7	6,635	3,842	12,35	5	5,886	0	1
Porfolio 8	6,635	3,842	12,35	2	13,868	1	1
Porfolio 9	6,635	3,842	12,35	5	5,886	0	1
Portfolio 10	6,635	3,842	12,35	3	10,577	1	1
Portfolio 11	6,635	3,842	12,35	5	5,886	0	1
Galicia	6,635	3,842	12,35	4	7,975	1	1
Acindar	6,635	3,842	12,35	5	5,886	0	1
Bansud	6,635	3,842	12,35	2	13,868	1	1
Comercial	6,635	3,842	12,35	0	0	0	0
Tenaris	6,635	3,842	12,35	12	0,011	0	0
Telecom	6,635	3,842	12,35	1	18,213	1	1
Frances	6,635	3,842	12,35	2	13,868	1	1
Aluar	6,635	3,842	12,35	2	13,868	1	1
Siderar	6,635	3,842	12,35	7	2,873	0	0
Petrobrás	6,635	3,842	12,35	8	1,833	0	0
Sumatoria						10	16

Del cuadro anterior se desprende que si tomamos al estimador Lruc como método para evaluar si el Riskmetrics analizado mide bien, podemos concluir que tomando un 95% de confianza, con un χ^2 al 1%, 10 de 21 muestras fueron medidas bien por el Riskmetrics y para un χ^2 al 5%, 16 de 21 muestras fueron medidas bien por el Riskmetrics. Podemos decir, entonces, que el estimador es aceptablemente bueno.

Cuadro resumen del estadístico Lruc con el 99% de certeza:

al 99 %	X ² (1%)	X ² (5%)	Obs. Esperadas	Riskmetrics	Lruc	Control 1%	Control 5%
Porfolio 1	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Porfolio 2	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Porfolio 3	6,635	3,842	2,47	2	0,097	0	0
Porfolio 4	6,635	3,842	2,47	1	1,140	0	0
Porfolio 5	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Porfolio 6	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Porfolio 7	6,635	3,842	2,47	2	0,097	0	0
Porfolio 8	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Porfolio 9	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Porfolio 10	6,635	3,842	2,47	1	1,140	0	0
Porfolio 11	6,635	3,842	2,47	1	1,140	0	0
Galicia	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Acindar	6,635	3,842	2,47	2	0,097	0	0
Bansud	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Comercial	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Tenaris	6,635	3,842	2,47	4	0,806	0	0
Telecom	6,635	3,842	2,47	1	1,140	0	0
Frances	6,635	3,842	2,47	0	0	0	0
Aluar	6,635	3,842	2,47	1	1,140	0	0
Siderar	6,635	3,842	2,47	2	0,097	0	0
Petrobras	6,635	3,842	2,47	3	0,108	0	0
					Sumatoria	0	0

Del cuadro anterior, podemos deducir que si queremos tener un 99% de certeza, el Riskmetrics no midió bien ninguna de las muestras analizadas. Podemos decir entonces, que el estimador no es bueno al 99%

III.3.4- Análisis de los excesos:

Aplicando la metodología utilizada en el punto III.2.3, obtenemos los siguientes resultados:

Cuadro I resumen de medición de Excesos realizados al 95% de confianza:

Activo	VAR	Excesos	1% al 5%	6% al 10%	11% al 20%	20% al 50%	mas de 50%
Porfolio 1	4.278.487	5	1	0	1	3	0
Porfolio 2	4.887.229	1	1	0	0	0	0
Porfolio 3	3.400.858	9	3	1	2	2	1
Porfolio 4	3.769.469	3	0	0	1	1	1
Porfolio 5	4.393.961	3	2	0	1	0	0

Porfolio 6	3.204.701	5	1	0	3	1	0
Porfolio 7	3.300.730	5	1	0	0	3	1
Porfolio 8	4.056.550	2	0	0	1	1	0
Porfolio 9	3.065.862	5	1	2	1	1	0
Portfolio 10	3.226.052	3	1	0	1	1	0
Portfolio 11	3.173.688	5	1	1	2	0	1
Galicia	5.023.224	4	2	0	1	1	0
Acindar	4.434.982	5	2	0	0	1	2
Bansud	4.395.835	2	0	1	1	0	0
Comercial	7.219.404	0	0	0	0	0	0
Tenaris	3.565.028	12	1	2	2	4	3
Telecom	4.881.142	1	0	0	0	0	1
Frances	4.960.865	2	1	0	0	1	0
Aluar	4.806.711	2	1	0	0	0	1
Siderar	3.934.599	7	0	1	1	4	1
Petrobrás	3.284.050	8	2	0	1	3	2

Cuadro II resumen de medición de Excesos realizados al 99% de confianza:

Activo	VAR	Excesos	1% al 5%	6% al 10%	11% al 20%	20% al 50%	mas de 50%
Porfolio 1	6.015.812	0	0	0	0	0	0
Porfolio 2	6.871.741	0	0	0	0	0	0
Porfolio 3	4.781.812	2	1	0	1	0	0
Porfolio 4	5.300.101	1	0	0	0	1	0
Porfolio 5	6.178.176	0	0	0	0	0	0
Porfolio 6	4.506.004	0	0	0	0	0	0
Porfolio 7	4.641.027	2	1	0	1	0	0
Porfolio 8	5.703.755	0	0	0	0	0	0
Porfolio 9	4.310.788	0	0	0	0	0	0
Portfolio 10	4.536.025	1	1	0	0	0	0
Portfolio 11	4.462.397	1	0	1	0	0	0
Galicia	7.062.957	0	0	0	0	0	0
Acindar	6.235.853	2	0	1	0	1	0
Bansud	6.180.811	0	0	0	0	0	0
Comercial	10.150.920	0	0	0	0	0	0
Tenaris	5.012.646	4	0	3	0	1	0
Telecom	6.863.181	1	0	0	0	1	0
Frances	6.975.277	0	0	0	0	0	0
Aluar	6.758.528	1	0	0	0	0	1
Siderar	5.532.285	2	1	0	1	0	0
petrobrás	4.617.574	3	1	0	0	2	0

III.3.5- Conclusión metodología VAR de portafolio (método Riskmetrics):

- Del análisis del Backtesting podemos concluir que la metodología del VAR de portafolio (método Riskmetrics) funciona bastante bien, ya que no se observan grandes desviaciones entre los Excesos Realizados y los Excesos Esperados si tomamos un 95% de certeza estadística.
- Tal cual puede observarse en el cuadro del punto III.3.2-, el mayor desvío entre Exceso Realizado y Exceso Esperado, se da en el caso del Portafolio 2 con una diferencia de 11.35 observaciones, lo que representa una sobreestimación del riesgo del 4.60% para un nivel de confianza del 95%.
- Cabe destacar, como conclusión relevante, que en todos los casos analizados, la metodología VAR de portafolio (método Riskmetrics) sobreestima el verdadero riesgo realizado, en especial, sobreestima al 95%.

III.4.1- Metodología VAR histórico:

- Cantidad de Observaciones: 503 (desde el 2-01-2003 al 1-01-2005)
- Metodología de calculo: Para calcular el VAR Histórico procedemos de la siguiente manera:
 7. Se calculan los retornos diarios geométricos de cada uno de los activos que integran el portafolio analizado.
 8. A dichos retornos diarios geométricos se los multiplica por el monto invertido (notional) en cada activo integrante del portafolio, obteniendo así el Profit & Loss (P&L) diario de cada activo.
 9. Luego se procede a calcular el P&L diario total del portafolio mediante la suma de los P&L diarios de los activos integrantes del portafolio (tal como fueron calculados en el punto precedente)
 10. Se ordenan los P&L diarios totales del portafolio de manera ascendente

Calculo del VAR histórico al 95% de nivel de confianza:

11. Para calcular el VAR histórico al 95% de Nivel de confianza, calculamos el número de observaciones que corresponden al 5% de la muestra. En el caso analizado se trata de una muestra de 505 observaciones y por ende el 5% representa 25 observaciones.
12. Se toma como VAR el valor del P&L diaria correspondiente a la observación N° 26, que por ejemplo para el caso del portafolio 9 es de -\$3.924.326. Aunque recordemos que el VAR siempre se toma como valor positivo.

Calculo del VAR Histórico al 99% de nivel de confianza:

13. Para calcular el VAR histórico al 99% de nivel de confianza, calculamos el número de observaciones que corresponden al 1% de la muestra. En el caso analizado se trata de una muestra de 505 observaciones y por ende el 1% representa 5 observaciones.
14. Se dejan afuera las últimas 5 observaciones y se toma como VAR el valor del P&L diario correspondiente a la observación N° 6, que por ejemplo para el caso del portafolio 9 es de -\$6.737.593.

- Resultados: aplicando la metodología anterior a cada acción y cada uno de los 11 portafolios analizados obtenemos:

	VAR Historico 95%	VAR Historico 99%
Porfolio 1	4.948.664	8.324.478
Porfolio 2	5.857.406	9.306.406
Porfolio 3	3.436.170	5.795.666
Porfolio 4	4.324.627	8.228.510
Porfolio 5	4.823.084	8.341.099
Porfolio 6	3.924.326	5.533.072
Porfolio 7	4.191.365	6.668.146
Porfolio 8	4.462.359	8.466.461
Porfolio 9	3.924.326	6.737.593
Portfolio 10	4.176.625	7.254.156
Portfolio 11	3.480.521	6.045.130
Galicia	5.028.214	7.069.974
Acindar	4.439.388	6.242.048
Bansud	4.400.203	6.186.952
Comercial	7.226.577	10.161.005
Tenaris	3.568.570	5.017.626
Telecom	4.885.992	6.870.000
Frances	4.965.794	6.982.207
Aluar	4.811.487	6.765.242
Siderar	3.938.509	5.537.782
Petrobrás	3.287.313	4.622.162

III.4.2- Backtesting al 95% y 99% de nivel de Confianza:

Aplicando la metodología de backtesting simple, tal como se explicó en el punto III.2.2 precedente, se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro resumen de Excesos Esperados vs. Realizados al 95% y 99% de nivel de confianza:

	Al 95%			Al 99%		
	Obs. Esperadas	Obs. Realizadas VAR Historico	Sobre/sub estimación	Obs. Esperadas	Obs. Realizadas VAR Historico	Sobre/sub estimación
Porfolio 1	12,35	3	3,79%	2,47	0	1,00%
Porfolio 2	12,35	0	5,00%	2,47	0	1,00%
Porfolio 3	12,35	9	1,36%	2,47	0	1,00%
Porfolio 4	12,35	3	3,79%	2,47	0	1,00%
Porfolio 5	12,35	1	4,60%	2,47	0	1,00%
Porfolio 6	12,35	1	4,60%	2,47	0	1,00%
Porfolio 7	12,35	4	3,38%	2,47	0	1,00%
Porfolio 8	12,35	2	4,19%	2,47	0	1,00%
Porfolio 9	12,35	0	5,00%	2,47	0	1,00%
Portfolio 10	12,35	1	4,60%	2,47	0	1,00%
Portfolio 11	12,35	4	3,38%	2,47	0	1,00%
Galicia	12,35	4	3,38%	2,47	0	1,00%
Acindar	12,35	5	2,98%	2,47	2	0,19%
Bansud	12,35	2	4,19%	2,47	0	1,00%
Comercial	12,35	0	5,00%	2,47	0	1,00%
Tenaris	12,35	12	0,14%	2,47	4	-0,62%
Telecom	12,35	1	4,60%	2,47	1	0,60%
Frances	12,35	2	4,19%	2,47	0	1,00%
Aluar	12,35	2	4,19%	2,47	1	0,60%
Siderar	12,35	7	2,17%	2,47	2	0,19%
Petrobras	12,35	8	1,76%	2,47	3	-0,21%

III.4.3- Conclusión metodología VAR Histórico:

- Del análisis del Backtesting podemos concluir que la metodología del VAR Histórico funciona bastante bien, ya que no se observan grandes desviaciones entre los Excesos Realizados y los Excesos Esperados. Sin embargo, y tal cual se tratará en detalle en la siguiente sección de conclusiones generales, podemos

ir adelantando que el número de desviaciones entre Excesos Realizados y Excesos Esperados para el método VAR Histórico pareciera ser mayor al número de desviaciones correspondiente a la metodología VAR de portafolio (método Riskmetrics).

- Tal cual puede observarse en el cuadro, el mayor desvío entre Exceso Realizado y Exceso Esperado, se da en los casos de los Portafolio 2 y 9, ambos con una diferencia de 12.35 observaciones, lo que representa una sobreestimación del riesgo del 5% para un nivel de confianza del 95%.
- Cabe destacar, como conclusión relevante, que en todos los casos analizados, la metodología VAR Histórico también sobreestima el verdadero riesgo realizado.

III-5 Resumen Comparativo:

En esta sección realizaremos la comparación formal entre las dos metodologías de medición del VAR analizadas a lo largo del presente trabajo (VAR histórico, y VAR de portafolio-método Riskmetrics-).

Tal cual se adelantara en las consideraciones generales, el objetivo principal perseguido por este trabajo es determinar cual de las dos metodologías aplicadas al mercado accionario doméstico presenta la mejor bondad de ajuste. En otras palabras, se intenta determinar cual de las dos metodologías resulta más eficiente a la hora de medir el riesgo de un portafolio de inversión compuesto por acciones locales.

Para ello, armamos los siguientes dos cuadros cuyo contenido es el resumen de los resultados obtenidos en los puntos anteriores surgidos de la aplicación del Backtesting. El primer cuadro nos muestra los resultados obtenidos por la aplicación del Backtesting al 95% de nivel de confianza para cada una de las 10 acciones y para los 11 portafolios analizados.

Comparando las columnas denominadas “Sobre/subestimación del riesgo” podemos concluir que la Metodología VAR de Portafolio-método Riskmetrics- es la que presenta el menor desvío respecto a los excesos esperados, ya que como se puede observar, en

cada una de las 10 acciones y cada uno de los 11 portafolios analizados presenta el menor porcentaje de “Sobre/subestimación del riesgo”.

El segundo cuadro, nos resume lo resultados de la aplicación del Backtesting al 99% de nivel de confianza. Tal como puede observarse, arribamos a la misma conclusión, es decir que, la metodología VAR de Portafolio- método Riskmetrics- es la que mejor explica los excesos realizados.

Cuadro 1- Comparativo al 95% de Nivel de Confianza-

Nivel de Confianza: 95 %	Excesos Esperados	Excesos Realizados Metodología VAR Historico	Sobre/sub estimación del riesgo Metodología VAR Histórico	Excesos Realizados Metodología VAR de Portafolio (Riskmetrics)	Sobre/sub estimación del riesgo Metodología VAR de Portafolio (Riskmetrics)
Porfolio 1	12,35	3	3,79%	5	2,98%
Porfolio 2	12,35	0	5,00%	1	4,60%
Porfolio 3	12,35	9	1,36%	9	1,36%
Porfolio 4	12,35	3	3,79%	3	3,79%
Porfolio 5	12,35	1	4,60%	3	3,79%
Porfolio 6	12,35	1	4,60%	5	2,98%
Porfolio 7	12,35	4	3,38%	5	2,98%
Porfolio 8	12,35	2	4,19%	2	4,19%
Porfolio 9	12,35	0	5,00%	5	2,98%
Portfolio 10	12,35	1	4,60%	3	3,79%
Portfolio 11	12,35	4	3,38%	5	2,98%
Galicia	12,35	4	3,38%	4	3,38%
Acindar	12,35	5	2,98%	5	2,98%
Bansud	12,35	2	4,19%	2	4,19%
Comercial	12,35	0	5,00%	0	5,00%
Tenaris	12,35	12	0,14%	12	0,14%
Telecom	12,35	1	4,60%	1	4,60%
Frances	12,35	2	4,19%	2	4,19%
Aluar	12,35	2	4,19%	2	4,19%
Siderar	12,35	7	2,17%	7	2,17%
Petrobras	12,35	8	1,76%	8	1,76%

Cuadro 2- Comparativo al 99% de Nivel de Confianza

Nivel de Confianza: 99 %	Excesos Esperados	Excesos Realizados Metodología VAR Histórico	Sobre/sub estimación del riesgo Metodología VAR Histórico	Excesos Realizados Metodología VAR de Portafolio (Riskmetrics)	Sobre/sub estimación del riesgo Metodología VAR de Portafolio (Riskmetrics)
Porfolio 1	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Porfolio 2	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Porfolio 3	2,47	0	1,00%	2	0,19%
Porfolio 4	2,47	0	1,00%	1	0,60%
Porfolio 5	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Porfolio 6	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Porfolio 7	2,47	0	1,00%	2	0,19%
Porfolio 8	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Porfolio 9	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Portfolio 10	2,47	0	1,00%	1	0,60%
Portfolio 11	2,47	0	1,00%	1	0,60%
Galicia	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Acindar	2,47	2	0,19%	2	0,19%
Bansud	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Comercial	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Tenaris	2,47	4	-0,62%	4	-0,62%
Telecom	2,47	1	0,60%	1	0,60%
Frances	2,47	0	1,00%	0	1,00%
Aluar	2,47	1	0,60%	1	0,60%
Siderar	2,47	2	0,19%	2	0,19%
Petrobrás	2,47	3	-0,21%	3	-0,21%

Otra de las conclusiones que se derivan de la comparación de las dos metodologías tienen que ver con el cumplimiento del principio de subaditividad. El no cumplimiento del mencionado principio queda evidenciado en los dos cuadros siguientes que nos comparan los valores VAR obtenidos por cada una de las dos metodologías.

Se observa que en cada uno de los 11 portafolios analizados, tanto al 95% como 99% de nivel de confianza, no se cumple con el principio de subaditividad.

$$\sum \text{VAR Individuales} \geq \text{VAR Portafolio}$$

Cuadro 1: Comprobación del principio de Subaditividad al 95%.

al 95 %	Sumatoria VAR individual	VAR Historico	Risk metrics
Porfolio 1	4.733.801	4.948.664	4.278.487
Porfolio 2	5.530.752	5.857.406	4.887.229
Porfolio 3	3.832.054	3.436.170	3.400.858
Porfolio 4	4.888.640	4.324.627	3.769.469
Porfolio 5	5.564.726	4.823.084	4.393.961
Porfolio 6	4.081.544	3.924.326	3.204.701
Porfolio 7	4.508.588	4.191.365	3.300.730
Porfolio 8	5.395.043	4.462.359	4.056.550
Porfolio 9	4.318.144	3.924.326	3.065.862
Portfolio 10	4.915.778	4.176.625	3.226.052
Portfolio 11	4.655.205	3.480.521	3.173.688

Cuadro 1: Comprobación del principio de Subaditividad al 99%.

al 99 %	E VAR individual	VAR Historico	Risk metrics
Porfolio 1	6.656.011	8.324.478	6.015.812
Porfolio 2	7.776.573	9.306.406	6.871.741
Porfolio 3	5.388.101	5.795.666	4.781.812
Porfolio 4	6.873.725	8.228.510	5.300.101
Porfolio 5	7.824.342	8.341.099	6.178.176
Porfolio 6	5.738.899	5.533.072	4.506.004
Porfolio 7	6.339.347	6.668.146	4.641.027
Porfolio 8	7.585.757	8.466.461	5.703.755
Porfolio 9	6.071.572	6.737.593	4.310.788
Portfolio 10	6.911.882	7.254.156	4.536.025
Portfolio 11	6.545.500	6.045.130	4.462.397

Podemos observar que al 95%, no se cumple el principio de subaditividad para los portafolios 1 y 2. Al 99% no se cumple el principio de subaditividad para los portafolios 1,2,3,4,5,7,8,9 y 10.

IV Conclusiones Generales:

El presente trabajo empírico comparativo de las dos metodologías de medición del VAR, aplicadas a 10 acciones individuales y 11 portafolios compuestos por las mismas acciones del mercado doméstico, y habiendo tomado como ventana de estimación al período comprendido entre los años 2003 y 2004 para la obtención de los respectivos valores VAR, trabajando con precios diarios, utilizando promedio geométrico para el cálculo de los rendimientos y al período 2005 para la realización del correspondiente Backtesting, nos permite arribar a las siguientes tres conclusiones principales:

- De las dos metodologías de medición del VAR analizadas, la metodología VAR de portafolio- versión Riskmetrics- es la que explica mejor los excesos del modelo para las 10 acciones por separado y para los 11 portafolios analizados. En otras palabras, la metodología VAR de portafolio- versión Riskmetrics- resultó ser la más eficiente a la hora de medir el verdadero valor a riesgo de cada uno de los 11 portafolios mencionados. Sin Embargo, luego de realizar el test de hipótesis binomial de Kupiec, podemos agregar a nuestra conclusión, que la metodología Riskmetrics mide bien, pero solo si trabajamos con un 95% de certeza. A un 99% de certeza, los estimadores que calculamos nos indican que falla en la medición.
- De la aplicación de la técnica de Backtesting, evidenciamos que las dos metodologías de medición del VAR analizadas en el presente estudio, sobreestimaron el verdadero valor al riesgo de cada acción individual y de cada uno de los 11 portafolios.
- Por último, se demostró el no cumplimiento del principio de subaditividad al 95% en 2 portafolios sobre los 11 analizados y al 99% en 9 portafolios sobre los 11 de la muestra.

V- Bibliografía:

- 1- Jorion, P., “Value at Risk”, Second Editin,Mc Graw Hill, 2001.
- 2- Artzner, P. , Marc Eber, J. And Carnegie Mellon, D. “Coherent Measures of Risk” , working paper, july 1999.
- 3- Dowd, K., “VaR and Subadditivity”, working paper, 2004.
- 4- Markowitz, H. , “Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments”, New York, John Wiley, 1959.
- 5- J.P. Morgan Bank, “Risk Metric Technical Manual”, New York. J.P. Morgan, 1995.
- 6- Beder, T. “VAR Seductive But Dangerous” Financial Analysts Journal 51, 1995, PP 12-24.
- 7- Jorion, P., “Risk 2; Measuring the Risk in Value At Risk”, Financial Analyst Journal, 1996.
- 8- Balzarotti V., Del Canto A., Delfiner M., “Backtesting”: Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA, Nota Técnica número 10, Septiembre de 2000.
- 9- Kupiec, Paul: Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models, Fin.&Econ.Discussion series Federal Reserve Board (May 1995)

VI Material Complementario:

Adjuntamos a la versión impresa, CD con las planillas de excel con los cálculos y análisis estadísticos respectivos respectivos.

SI autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir, a fines exclusivamente académicos y didácticos, el Trabajo Final de mi autoría correspondiente a la carrera cursada en esta institución.

Iván Miguel Soñez
DNI:24.704.829

Juan Manuel Carnevale
DNI:23.783.024