



Munich Personal RePEc Archive

## **Backtesting: Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA**

Delfiner, Miguel and Balzarotti, Verónica and del Canto, Angel

Central Bank of Argentina

November 2001

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/10231/>  
MPRA Paper No. 10231, posted 19 Jun 2009 14:21 UTC

**“Backtesting”: Funcionamiento de los requisitos de capital  
por riesgo de mercado del BCRA**

Por Verónica Balzarotti, Ángel Del Canto y Miguel Delfiner  
Noviembre de 2001



**Banco Central de la República Argentina**

**Gerencia de Investigación y Planificación Normativa**

**Serie de notas técnicas**

---

Las opiniones y conclusiones contenidas en las Notas son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no deben ser identificadas con posiciones asumidas por el Banco Central de la República Argentina en relación con los temas discutidos en las mismas o con políticas que de ellos deriven.

# ***“Backtesting”: Funcionamiento de los requisitos de capital por riesgo de mercado del BCRA***

***Por Verónica Balzarotti, Ángel Del Canto y Miguel Delfiner  
Octubre de 2001***

## ***Índice***

I	Antecedentes	
	I.a	Introducción ..... p.2
	I.b	¿Qué es el backtesting? ..... p.3
	I.c	Consideraciones estadísticas para la definición de las zonas ..... p.4
II	Backtesting de la metodología del BCRA	
	II.a	Procedimiento ..... p.6
	II.b	Cálculo de las volatilidades en el BCRA..... p.7
III	Estudio de la adecuación del backtesting que prescribe Basilea al caso argentino	
	III.a	Resultados comparativos entre las excepciones de 44 entidades ..... p.10
	III.b	Excepciones por tipo de activo ..... p.11
	III.c	Reconstrucción de los criterios de Basilea..... p.12
	III.d	Test de hipótesis alternativo..... p.13
	III.e	Análisis de la independencia estadística de las excepciones .....p.14
	III.f	Problemas de información y errores en la aplicación de la metodología p.17
IV	Conclusiones	.....p.19
	Anexo	..... p.21

## ***I. Antecedentes***

### **1.a Introducción**

El BCRA introdujo desde septiembre de 1996 un requisito de capital por riesgo de mercado. Este requisito se calcula siguiendo una metodología estándar dictada por el BCRA y que se basa en el cálculo del Valor a Riesgo (VaR) de las posiciones de trading. Las normas de riesgo de mercado del Comité de Basilea también establecen una metodología estándar pero, además, permiten que los bancos utilicen modelos propios, si éstos son aprobados por las autoridades de supervisión. En Argentina no se han admitido los modelos propios de los bancos y sólo se acepta la metodología estándar que dictó el BCRA.

Si se compara la metodología estándar argentina con la del BIS se observa que la local difiere de aquélla fundamentalmente en que se han evitado algunas simplificaciones técnicas para reflejar mejor las características de los mercados locales<sup>1</sup>. No obstante, la normativa argentina podría considerarse un modelo propio aceptable por Basilea, ya que es compatible con los requerimientos cuantitativos y cualitativos impuestos por el Comité a los modelos propios de los bancos.

Sin embargo, existe una diferencia importante entre la regulación argentina y la del Comité de Basilea: si un banco está utilizando un modelo propio aceptado por el supervisor, el Comité de Basilea exige que el requisito de capital mínimo (MRC) sea calculado de la siguiente manera:

$$MRC_{t+1} = \max \left[ VaR_t, (3 + S_t) * \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i} \right] + SR_t$$

Es decir, el requisito será el máximo entre el VaR del día anterior y el promedio de los últimos 60 VaR diarios multiplicado por un factor que es igual a 3 más un coeficiente  $S_t$  relacionado con la performance ex post del modelo<sup>2</sup>. Si la performance del modelo no es del todo satisfactoria,  $S_t$  irá aumentando desde 0, hasta llegar a un valor máximo de 1 (para ello se usa un sistema de bandas que será explicado en la sección 1.c).<sup>3</sup>  $SR_t$  está asociado al riesgo crediticio del instrumento.

Los argumentos del Comité de Basilea para la introducción de un factor multiplicativo de tales características es permitir al órgano supervisor premiar o penalizar a la entidad bancaria en función de la evaluación del modelo interno de riesgo de mercado. A través de este uso, el Comité de Basilea ha introducido incentivos para que los bancos busquen perfeccionar constantemente sus metodologías de medición de riesgo.

---

<sup>1</sup> Véase Capital Requirements for Latin American Banks in Relation to their Market Risks: The Relevance of the Basle 1996 Amendment to Latin American, por Andrew Powell y Verónica Balzarotti, mayo de 1997, Inter-American Development Bank, working paper series 347.

<sup>2</sup> Además existe en Basilea un coeficiente aditivo que mide el riesgo específico y que estaría capturado en la Argentina por el hecho de usar volatilidades individuales para el cálculo del VaR.

<sup>3</sup> Amendment to the capital accord to incorporate market risks, Basle Committee on Banking Supervision January 1996.

Algunos autores brindan una explicación de este alto factor multiplicativo (véase recuadro), sobre la base de que cubriría los errores provenientes del desconocimiento sobre el tipo de distribución correcta. Sin embargo, en general se piensa que esto no justifica su existencia, pues la distribución de retornos es suficientemente conocida, como para poder determinar un factor de prudencia mucho más acotado que no desincentive la creación de nuevos modelos internos más precisos por parte de los bancos.

### ***Una “justificación” del factor multiplicativo = 3***

Stahl (1997)<sup>1</sup> recientemente propuso una interesante justificación teórica al factor multiplicativo del VaR igual a 3, que previamente había sido interpretado como un compromiso político un tanto arbitrario. Usa dos argumentos, uno relacionado a la falta de especificación de las colas de la distribución (“fat tails”) en el formalismo varianza-covarianza, el otro, relacionado con la potencial variación de la distribución de retornos del portfolio según la ventana temporal de datos que se elijan (en particular debido a incrementos no identificados de la varianza de los retornos). Ambos problemas los ataca, mediante un resultado estadístico muy conocido, la desigualdad de Chebychev:

$$\Pr [ \mu_R - k\sigma_R < R < \mu_R + k\sigma_R ] \geq 1 - 1/k^2$$

Esta desigualdad implica que las fronteras para un nivel de confianza del 99% (Pr[.] = 0.99), nunca estarán a más de 10 desviaciones estándares de la media. Esta desigualdad es cierta, independientemente del carácter de la distribución (siempre que tenga varianza finita). Aplicada a VaR, en cierto sentido nos propone: si no se sabe nada respecto a la estructura de retorno de los mercados financieros, cual es la frontera extrema que cubriría cualquier error de especificación? Por supuesto, que a este nivel de generalidad la respuesta daría un factor multiplicativo muy conservador (algo entre 3 y 4 según los cálculos de Stahl), para cubrir hasta la más absurda de las distribuciones.

<sup>1</sup> Stahl, G. 1997. “Three Cheers”, Risk Magazine 10 pp.67-69.

Este trabajo se propone estudiar la performance de la metodología local para la fijación del MRC usando a tal efecto la técnica de backtesting aplicada a cada uno de los bancos. Esto permitiría testear la misma metodología repetidamente en distintos bancos, a diferencia del propósito de Basilea que consiste en evaluar con la misma técnica diversas metodologías. Asimismo se incluye una propuesta para introducir un factor multiplicativo en el MRC, a efectos de generar incentivos para que los bancos integren su capital en forma correcta, y no cometan errores en la implementación de la metodología.

#### 1.b ¿Qué es el backtesting?

El backtesting es un procedimiento estadístico utilizado para validar la calidad y la precisión de un modelo VaR, mediante la comparación de los resultados reales de las posiciones de trading con las medidas de riesgo generadas por los modelos. Dado que el backtesting permite detectar defectos en los modelos de riesgo, aquellos bancos que han desarrollado e introducido modelos VaR usan normalmente técnicas de backtesting. Adicionalmente, el Comité de Basilea, y los reguladores en general, exigen el uso de

backtesting en forma rutinaria en los bancos que usan metodologías VaR para determinar capitales mínimos regulatorios.

Existen distintas técnicas posibles para hacer backtesting. Estas técnicas continúan evolucionando, al mismo tiempo que siguen desarrollándose los modelos cuya calidad se pretende evaluar. Este documento aplica una técnica de backtesting que sigue los lineamientos del Comité de Basilea, si bien en el ámbito de la administración de riesgo siguen apareciendo enfoques nuevos que están aún bajo estudio. En todos los casos, los esfuerzos están dirigidos a encontrar una forma más refinada y confiable de evaluar la validez de los modelos de medición de riesgo, especialmente dada su amplia difusión. Los bancos más sofisticados usan incluso diferentes tipos de backtesting a la vez. Según las características propias de cada método, surgen también diferentes interpretaciones de los resultados.

El proceso de backtesting implica calcular “excepciones”, entendidas como la cantidad de veces en que las pérdidas reales del período subsiguiente superaron a la medida de VaR del modelo usado por el banco. Una vez detectadas las excepciones, se evalúa si se han presentado en un número superior al esperable. Por ejemplo, si se trabaja con una metodología VaR que usa parámetros correspondientes a un nivel de confianza del 99%, es esperable que las pérdidas excedan el VaR calculado 1 de cada 100 períodos.

Un aspecto a considerar es el hecho de que el cálculo de VaR no considera la posibilidad de ganancias o pérdidas por un cambio en la composición de cartera, ni tiene en cuenta el pago o cobro de comisiones, factores que podrían ser decisivos en la ocurrencia de excepciones. Para reducir estos efectos normalmente se trabaja, como propone el Comité de Basilea, con una medida de VaR calibrada a un día de tenencia en lugar de usar el período mínimo de tenencia de cinco días de la regulación local, minimizando la “contaminación” como resultado de cambios en la composición de los portafolios<sup>4</sup>.

### 1.c Consideraciones estadísticas para la definición de las zonas

Al aplicar backtesting sobre la performance de un modelo VaR en una entidad en un año determinado debe tenerse en cuenta que el período analizado puede estar influido por factores aleatorios que harían que las excepciones sumaran un número superior al esperable aún cuando el modelo fuera correcto, o bien que sumaran un número dentro de lo esperable aún cuando el modelo fuera incorrecto. Tomando esto en cuenta, la performance debe analizarse como una variable aleatoria.

La performance es una variable aleatoria que es igual al número de excepciones. La metodología propuesta por Basilea se basa en considerar que la ocurrencia de una excepción en determinado día es independiente del resultado de cualquier otro. Por lo cual, si se trabaja con un nivel de confianza del 99%, la probabilidad de tener ‘x’ excepciones en  $n = 250$  días (año laboral) con una  $p = 1\%$  se distribuye en forma binomial. Esto da origen a una clasificación por zonas, a efectos de simplificar el backtesting:

---

<sup>4</sup> “Supervisory framework for the use of “backtesting” in conjunction with the internal models approach to market risk capital requirements”, Basel Committee on banking supervision, January 1996.

- La zona verde corresponde a resultados del backtesting que no sugieren problemas con la calidad del modelo interno: hasta cuatro excepciones anuales.
- La zona amarilla abre interrogantes respecto al modelo pero no permite llegar a una conclusión definitiva: entre cinco y nueve excepciones anuales.
- En cambio la zona roja indica un claro problema con el modelo: diez o más excepciones anuales.

Los límites de las tres zonas han sido establecidos de tal manera de balancear dos tipos de errores estadísticos: la posibilidad de rechazar erróneamente un modelo adecuado (error de tipo I) y la posibilidad de aceptar un modelo inadecuado (error de tipo II). La probabilidad de cometer estos errores se puede apreciar en más detalle en las tablas I y II del Apéndice. En el cuadro II del Anexo se representa la probabilidad acumulada de la ocurrencia de excepciones correspondientes a un modelo adecuado (cobertura del 99%) y puede verse que, aún cuando el modelo es apropiado, existe una probabilidad de obtener excepciones que asciendan por encima de las 2 esperadas. Pero a más alto el número de excepciones, más improbable es que esto se verifique para un modelo adecuado. De manera que se puede determinar un nivel de corte en el número de excepciones a partir del cual rechazaremos la hipótesis de que el modelo es adecuado, con un nivel de confianza que se puede obtener según la “Probabilidad Acumulada”. En Basilea se han determinado los límites de la siguiente manera: la zona amarilla comienza en donde la probabilidad acumulada excede el 95% y la roja en donde la misma excede el 99,99%. Queda así determinada la solución que se encontró para el tratamiento del error de tipo I. El error de tipo II se trata de forma similar. Una descripción más detallada se hace en los cuadros I y II del Anexo. Asimismo se incluyen en el cuadro II las modificaciones al factor multiplicativo en función del número de excepciones. El incremento en el factor multiplicativo obedece al propósito de transformar un modelo inadecuado (por ejemplo con un nivel de confianza del 98%) en otro que sí es adecuado (cobertura del 99%).

Así definidas las zonas resulta que la zona verde aglomera los casos que no sugieren la posibilidad de aceptar un modelo inadecuado. La zona roja, es aquella en la cual un error de tipo I es remota y a la vez es extremadamente improbable cometer un error de tipo II. Entre estas dos zonas sin embargo, existe una zona amarilla en la cual los resultados podrían ser consistentes con modelos adecuados o no<sup>5</sup>.

La principal crítica al método binomial es que exhibe un bajo poder estadístico (esto es, tiene reducida capacidad de rechazar un modelo que es inadecuado), debido a que sólo evalúa si una propiedad específica (la ocurrencia de la excepción) está presente o no. No incorpora información adicional, como ser la magnitud de la diferencia entre el retorno y el VaR (que de aquí en más llamamos “desvío”).

En el análisis hecho para Argentina se han observado algunos otros fenómenos que podrían conducir a resultados débiles del backtesting, o bien sugieren que se deberían buscar métodos para minimizar fallas en la aplicación de la metodología. Específicamente, se observa en el caso local que las excepciones muestran cierta falta de independencia estadística (esto se estudia más adelante en el punto III.b).

---

<sup>5</sup> Supervisory framework for the use of “backtesting” in conjunction with the internal models approach to market risk capital requirements, Basel Committee on Banking Supervision, January 1996.

## ***II Backtesting de la metodología del BCRA***

### **II.a Procedimiento**

El procedimiento empleado para efectuar el backtesting del funcionamiento de la metodología instrumentada por el Banco Central para determinar la exigencia de capital mínimo por riesgo de mercado y su aplicación por parte de las entidades financieras, consistió en implementar el análisis propuesto por Basilea. Para ello se compararon las cifras diarias de valor a riesgo con los rendimientos de los activos comprendidos en la norma sobre riesgo de mercado, utilizando la información que las entidades financieras envían a la Superintendencia de Entidades Financieras y Cambiarias. Como la información original expresa el valor a riesgo en términos del período de tenencia mínimo de cinco días, para obtener el VaR correspondiente a un solo día, se dividió el VaR informado por la raíz cuadrada de cinco.

Se seleccionaron las entidades financieras activas durante el período considerado, desde septiembre de 1996 hasta Mayo de 2001, descartándose aquellas que presentaban algunos de los siguientes problemas:

- Inconsistencias en la información, es decir se informa la variación en el valor de partidas aunque no se informa valor a riesgo para ese día.
- Informar solamente para el último día de cada mes
- No contar con la información de varios meses
- Bancos habilitados recientemente de los que se cuenta con pocos meses de información
- También se eliminaron de la muestra las entidades no bancarias, ya que muy pocas informaban habitualmente sobre riesgo de mercado y una serie de bancos que tampoco presentó información sobre riesgo de mercado, por lo que se supone que no tenían posiciones de activos bajo ese régimen y por lo tanto su inclusión disminuiría indebidamente el promedio de excepciones observado.

Debido a lo antes mencionado y también a las bajas, altas y fusiones producidas durante ese lapso, el número de entidades consideradas en los diversos períodos entre 9/1996 hasta 5/2001 fluctúa bastante.

Los datos se dividieron para su análisis en cuatro períodos de un año de duración cada uno, de acuerdo al método utilizado para determinar las volatilidades necesarias para el cálculo del valor a riesgo que mensualmente publica el Banco Central. El primer período abarca desde Septiembre de 1996 hasta Agosto de 1997, correspondiendo a las volatilidades surgidas del desvío estándar de los rendimientos de los activos, el segundo desde Junio de 1998 hasta mayo de 1999, cuando predominó el método de las volatilidades fijas e individuales para cada especie, el tercero desde junio de 1999 hasta mayo de 2000, y el cuarto desde junio de 2000 hasta mayo de 2001. En estos dos últimos períodos tuvo plena vigencia la aplicación de las volatilidades por grupos de activos, por lo cual se intentó mantener su longitud en un año.

## II.b Cálculo de las volatilidades en el BCRA

Para hacer backtesting de la metodología argentina de requisitos de capital por riesgo de mercado, es necesario desde el principio aclarar cuál ha sido el tratamiento de las volatilidades para calcular los VaR. Ya que el cálculo de esta variable clave no ha sido uniforme desde que la norma está vigente, es posible que los resultados del backtesting reflejen estos cambios para los distintos períodos. De hecho, se eligieron los períodos en función de la metodología empleada para calcular la volatilidad.

El Banco Central publica cada fin de mes las volatilidades a aplicar en el mes siguiente. Desde su introducción en septiembre de 1996 y hasta noviembre de 1997 las volatilidades publicadas por el BCRA para el cálculo del capital mínimo por posiciones en acciones nacionales se modificaron mensualmente de acuerdo al desvío estándar de los retornos de los últimos 120 días. Y las volatilidades correspondientes a los bonos nacionales se calcularon como un promedio ponderado de los desvíos de los últimos 74 días, con ponderadores exponenciales decrecientes en función del tiempo (ver cuadro A en el Anexo). En noviembre de 1997 los problemas en los mercados asiáticos provocaron un aumento general de las volatilidades de los activos nacionales. Este aumento no se trasladó a los requisitos de capital porque, en primer lugar, se consideró que la inestabilidad era temporaria y, en segundo lugar, ello hubiera significado un aumento muy significativo del capital que habría entrado en vigencia en momentos de subas de tasas de interés. Es decir, hubiera resultado una medida claramente pro-cíclica.

En ese momento se decidió mantener las volatilidades vigentes anteriores a la crisis asiática y estudiar una metodología alternativa que no fuera tan pro-cíclica. En marzo de 1999 se implementó una metodología nueva que consiste en volatilidades fijas por bandas homogéneas de activos.

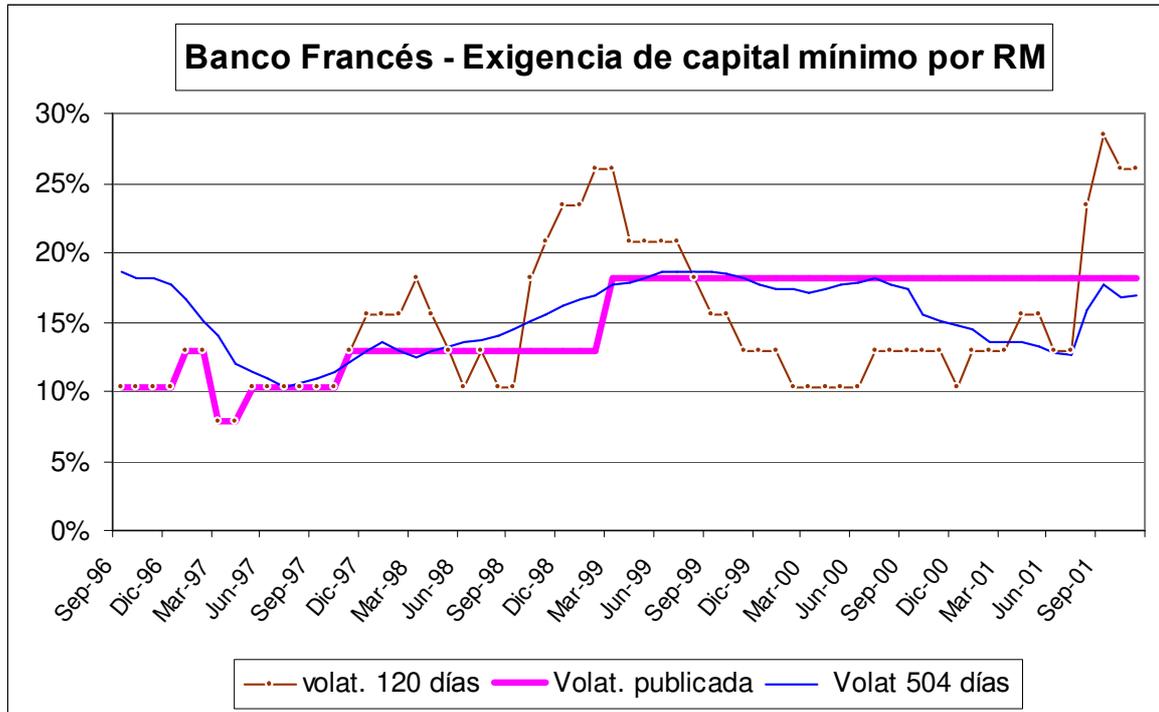
En el caso de acciones se establecieron cuatro bandas que implican exigencias de aproximadamente 10%, 16%, 18 y 21%<sup>6</sup> (ver Cuadro 1). La asignación de cada especie a una de estas bandas se hizo tomando en cuenta el desvío estándar de largo plazo (últimos dos años de cotizaciones, o 504 días) y la posición relativa en el ranking de volatilidades de todas las especies, a lo largo de un período de un año o más. La introducción de las nuevas volatilidades se hizo progresivamente y resultó, finalmente, en un alineamiento significativo entre las volatilidades publicadas y las de mercado (definidas como el desvío estándar de los retornos), que se habían alejado de las que se fijaron en noviembre de 1997, siendo en general mayores. Un ejemplo para una especie puede observarse en el Gráfico 1.

**Cuadro 1**

Exigencias de capital mínimo por posiciones de acciones			
Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
10%	16%	18%	21%

<sup>6</sup> Dado que las volatilidades que se publican son diarias y en tanto por uno, y además redondeadas a cuatro decimales, los porcentajes de exigencias resultantes son 10.4%, 15.6%, 18.2% y 20.8%.

Gráfico 1



En el caso de los bonos nacionales, también se implementaron volatilidades fijas por bandas homogéneas de activos a partir de 1999. Las bandas homogéneas corresponden a distintos rangos de modified duration (MD) de los bonos ya que las MD a su vez se relacionan con la volatilidad de los retornos. Se establecieron dos zonas, llamadas “zona 1” y “zona 2”, cada una de ellas para pesos y dólares. La zona 1 es para bonos cuya MD es de hasta 2.5, mientras que la zona 2 es para aquéllos cuya MD es superior. Además, se abrieron tres sub-zonas dentro de la zona 1 también de acuerdo al rango de MD (hasta 0.5, entre 0.5 y 1.0, entre 1.0 y 2.5). Respectivamente, las exigencias aplicadas a cada zona o sub-zona fueron las siguientes<sup>7</sup>:

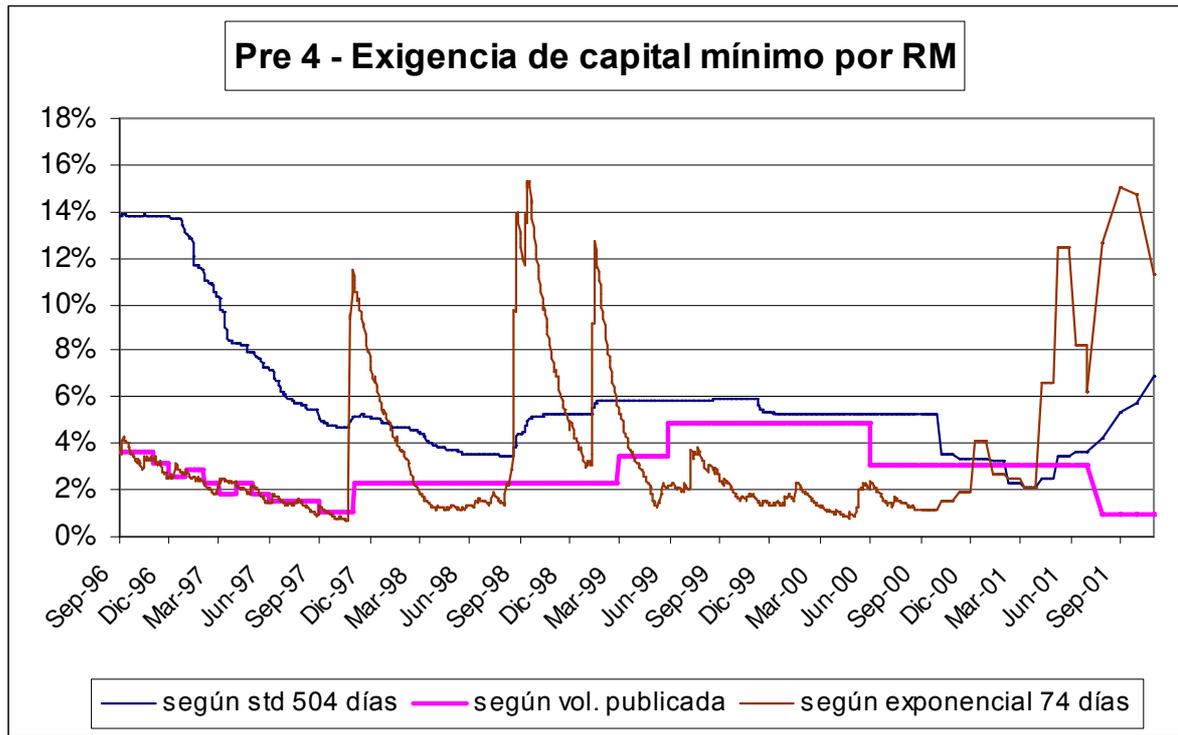
Cuadro 2

Modified Duration	Bonos en Pesos	Bonos en Dólares
De 0 a 0.5	1,5%	1%
De 0.5 a 1.0	4%	3%
Desde 1.0 a 2.5	7%	5%
Más de 2.5	10%	8%

<sup>7</sup> Dado que las volatilidades que se publican son diarias y en tanto por uno, y además redondeadas a cuatro decimales, los porcentajes de exigencias resultantes son 1.6%, 4.0%, 7.0% y 10.1% (pesos) y 1.0%, 3.1%, 4.9% y 8.0% (dólares).

Estos nuevos niveles de exigencias se introdujeron en dos escalones, el primero de ellos en marzo del '99 y el segundo y definitivo en junio del mismo año. El Gráfico 2 muestra un bono como ejemplo.

Gráfico 2



Lógicamente, el hecho de trabajar con volatilidades homogéneas por grupo de activo y fijas en el tiempo hizo que el poder predictivo del VaR se deteriorara. A cambio, la metodología resultó mucho menos pro-cíclica, tal cual se buscaba.

No obstante la decisión de mantener fijas las volatilidades en el tiempo, todos los meses se ha controlado la discrepancia entre las volatilidades de mercado y las publicadas, antes de que se publiquen las volatilidades de ese mes. Se ha analizado regularmente si se justifica una modificación en los niveles publicados, considerando las diferencias cuantitativas y las razones específicas que pueden hacer que ocasionalmente los retornos de una especie muestren variaciones que habrán de mantenerse o no en el futuro.

### ***III Estudio del ajuste del backtesting que prescribe Basilea al caso argentino***

#### **III.a Resultados comparativos entre los distintos períodos para 44 entidades**

A efectos de hacer comparables los distintos períodos se ha seleccionado un grupo de 44 bancos que estuvieron presentes durante los cuatro períodos elegidos a efectos de evaluar la cantidad de excepciones y la magnitud de los desvíos observados (ver cuadro 3). Para cada período se calculó la cantidad total de excepciones y la mediana de excepciones por año. A efectos de estudiar la magnitud del desvío del retorno respecto al VaR, en caso de producirse una excepción, se ha usado la mediana de los desvíos de dicha muestra. Debido al cambio en la modalidad del cálculo de la volatilidad, factor fundamental en la determinación del VaR, solo los dos últimos períodos son realmente comparables. Cabe destacar que aumentó el número de excepciones en el último período, aunque disminuyó el desvío. Esto puede ser explicado debido a una situación más turbulenta de los mercados financieros (mayor cantidad de excepciones) en el último período, pero con un menor desvío debido a que las entidades informan mejor el requisito (con la consecuente ausencia de desvíos extremos).

Tomando en cuenta que la cobertura deseada es del 99%, el hecho de que los porcentajes de las excepciones están casi siempre por encima del 1% es preocupante. Uno esperaría que las 44 entidades en conjunto tuvieran una cantidad de  $44 \cdot 247 \cdot 1\% = 109$  excepciones anuales, sin embargo se observa sistemáticamente un número mayor. También se manifiesta este hecho a través de la mediana anual de las excepciones observadas por entidad, que es muy elevada (>4) en tres de los cuatro períodos. Por otro lado cabe recordar que el Comité de Basilea considera en zona verde a los modelos que arrojan hasta 4 excepciones por año, en zona amarilla a aquellos con 5 a 9 excepciones y en zona roja al resto, con lo cual no sería sorprendente hallar un número elevado de entidades en las zonas de riesgo, cuestión que se tratará en la próxima sección.

**Cuadro 3**

<b><i>Promedio de excepciones por período y desvíos promedio (sobre una muestra de 44 entidades)</i></b>				
Período	Volatilidad	Excepciones	Mediana excepciones por banco (% anual)	Desvío mediano de las excepciones
9/1996 – 8/1997	De mercado	359	7 (2.8%)	78.4%
6/1998 – 5/1999	Fija por activo	693	12.5 (5.1%)	101.5%
6/1999 – 5/2000	Por bandas	217	2 (0.8%)	77.8%
6/2000 – 5/2001	Por bandas	287	6.5 (2.6%)	66.1%

En cuanto a la magnitud de las excepciones, el desvío mediano se mantiene en valores cercanos al 80%. Cabe destacar que este resultado está de acuerdo con ciertos resultados teóricos, que predicen que la pérdida esperada, dado que el retorno supero al VaR sería del orden del 100%<sup>8</sup>.

Es evidente que la cantidad de excepciones esta íntimamente asociado a las turbulencias del mercado. Es así que el período con mayor cantidad de excepciones es el segundo, el cual se caracterizo por incluir la crisis rusa y la devaluación del real en Brasil.

### III.b Excepciones por tipo de activo

Todas las excepciones referidas en el presente trabajo se calcularon sobre los agregados diarios de todos los activos de cada entidad en su "Trading Book". En esta sección trataremos de discriminar la cantidad de excepciones ocurridas según el grupo de activos, tratados en forma desagregada, con datos provenientes del último período. Los grupos de activos considerados en la norma de Capitales Mínimos por Riesgo de Mercado son bonos nacionales y extranjeros, acciones nacionales y extranjeras, y moneda extranjera. La finalidad de este análisis es identificar si el nivel de exigencia para cada tipo de activo fue el adecuado (o sea, no generaba un número excesivo de excepciones). Cabe destacar que es relevante tener en cuenta la proporción de cada activo sobre el total, pues por ejemplo en el caso de moneda extranjera se observan muchas excepciones, pero debido a su poca relevancia casi nunca va a ser causal de una excepción en el portafolio total. En el siguiente cuadro podemos observar los resultados obtenidos:

**Cuadro 4**

<b>Excepciones por tipo de activo en 63 entidades</b>						
	Portf	BN	BE	AN	AE	ME
Jun-00	13	19	14	0	5	34
Jul-00	17	15	15	1	1	20
Ago-00	13	19	17	1	4	25
Sep-00	25	28	19	1	2	41
Oct-00	24	25	17	3	8	24
Nov-00	49	61	12	5	3	16
Dic-00	18	21	8	1	9	26
Ene-01	18	20	6	2	10	24
Feb-01	13	16	9	0	9	16
Mar-01	64	73	15	4	3	34
Abr-01	105	110	11	3	2	22
May-01	46	49	6	5	3	33
Total	405	456	149	26	59	315
Part. %	100	93.1	2.5	1.0	0.6	2.8

<sup>8</sup> Rockafeller & Uryasev: Optimization of conditional Value at Risk (9/1999)

Cabe destacar que la cantidad de excepciones del portafolio semeja bastante las observadas en bonos nacionales, lo cual es natural debido a que estos constituyen un altísimo porcentaje de las posiciones (93% en Junio 2001) en el agregado de las entidades. Sin embargo este hecho no es homogéneo sobre el total de las entidades. En todo caso parece prudente considerar un aumento de la exigencia para moneda extranjera.

### III.c Reconstrucción de los criterios de Basilea

Como se explicó anteriormente, existen distintas técnicas de backtesting. La metodología propuesta por Basilea supone que la ocurrencia de una excepción en un día es independiente del resultado de cualquier otro día, lo cual lleva a que la distribución de las excepciones sea binomial. Este hecho les permite definir las tres zonas (roja, amarilla y verde) dentro de las cuales encuadran la metodología empleada por cada banco.

Se analizó la implementación de la metodología vigente en cada una de las entidades de la muestra con información durante todo el período considerado. Observando los cálculos realizados en base al VaR de un día bajo la perspectiva del criterio por zonas utilizado por el Comité de Basilea, surgen los resultados reflejados en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5**

#### ***Bancos clasificados por zona según Basilea***

Período	Verde	Amarilla	Roja	Total de entidades consideradas
9/1996 – 8/1997	33 (41.8%)	18 (22.8%)	28 (35.4%)	79
6/1998 – 5/1999	10 (15.4%)	14 (21.5%)	41 (63.1%)	65
6/1999 – 5/2000	45 (69.2%)	13 (20%)	7 (10.8%)	65
6/2000 – 5/2001	25 (39.7%)	24 (38.1%)	14 (22.2%)	63

Los períodos que más nos interesan son los dos últimos, debido a que estaba vigente la forma de cálculo de volatilidad que aún se encuentra vigente. Cabe destacar que durante el período que va de junio de 1999 hasta mayo de 2000 se observa que el número de excepciones es menor que en el pasado. Sin embargo entre junio de 2000 y mayo de 2001, la cantidad de excepciones vuelve a aumentar de tal manera que en el 22.2% de los bancos debería considerarse que la norma proveyó una cobertura insuficiente, y en otro 38.1% un cobertura por lo menos dudosa. Además hubo una ronda de consultas en diciembre del 2000 con un grupo de bancos

A pesar de que pareciera ser necesario aumentar la exigencia, cabe tener en cuenta de que a los bancos les es requerido una exigencia equivalente al Valor a Riesgo de cinco días, ya que se supuso que es un tiempo prudencial para desarmar una posición, ya sea por falta de

liquidez, o por el tiempo que le toma a una institución la decisión de hacerlo. Por lo tanto en un contexto de alta volatilidad, fuertes bajas diarias de los activos suelen ser seguidas con sucesivas alzas, con lo cual, a pesar de haberse podido producir una excepción diaria, la cobertura posiblemente fuese suficiente para un horizonte de 5 días.

### III.d Test de hipótesis alternativo

Manteniendo supuestos similares a los de la metodología de Basilea, en esta sección se presenta un test alternativo cuya hipótesis nula es que la distribución original es binomial con  $p = 1\%$  (a efectos prácticos implica que la metodología provee una cobertura del 99%). Adicionalmente, en la sección III.e se estudia el supuesto de independencia, a la luz de ciertos fenómenos observados, como ser la existencia de “rachas” en las excepciones.

A continuación se construirá un test cuyos resultados reproducen muy de cerca los criterios de las zonas que aplica Basilea. Si las excepciones se consideran modeladas como extracciones independientes de una distribución binomial con  $p=1\%$ , un estimador de VaR preciso debería exhibir la propiedad de que la cobertura incondicional  $\alpha = x/226$  iguale  $1\%$  (donde  $\alpha$  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  $99\%$  con un esquema de monitoreo no frecuente (p.ej. 1 año) fue propuesto por Kupiec<sup>9</sup>:

$$LRuc = 2 \ln \left[ \frac{\alpha^x (1 - \alpha)^{226-x}}{0.01^x (1 - 0.01)^{226-x}} \right] \text{ distribuido como } \chi^2(1)$$

El observa que este estimador LRuc converge a una distribución Chi cuadrada con un grado de libertad. Se aplicó el test a cada entidad (ver cuadro III del Apéndice), resultando rechazada la hipótesis de una cobertura correcta en 11 de los 70. En comparación el método por zonas de Basilea (ver cuadro II del Anexo) asigna a la zona roja a 7 entidades, y a la zona amarilla a 10 entidades, y el resto de las entidades a la banda verde, lo cual está en línea con los resultados obtenidos con el test.

Kupiec (1995) muestra que el estadístico usado tiene muy baja potencia estadística, lo cual implica regiones de aceptación de la hipótesis nula grandes, de tal manera que hay una alta probabilidad de aceptar una hipótesis nula falsa. Como consecuencia, el test tiene una pobre capacidad de distinguir entre distintas hipótesis, incluso en muestras moderadamente grandes.

Lopez (1997)<sup>10</sup> argumenta que la distribución de la muestra finita difiere de una  $\chi^2(1)$  y que los valores críticos no serían apropiados. Incluso sugiere hacer un test condicional a través de un estadístico adicional que analice la independencia serial. Debido a los anteriores considerandos deberían tomarse con bastante cautela los resultados obtenidos. En los cuadros IIIa y IIIb del Anexo se representan los resultados del test, la zona de

<sup>9</sup>“Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models”, Paul Kupiec 1995, Financial & Economics Discussion Series, FRB Washington, D.C.

<sup>10</sup> “Methods for evaluating Value-at-Risk Estimates”, José A. López, presentado en The Federal Reserve System Conference on financial structure and regulation, 1997.

Basilea correspondiente, y el desvío de las excepciones para cada banco, durante los cuatro períodos considerados. Se han destacado en dichos cuadros catorce bancos que sistemáticamente han estado en la zona roja o amarilla durante los últimos tres períodos, o durante todos los períodos en donde presentaron información. Estos casos han contribuido en forma notable a aumentar la cantidad de excepciones del sistema tal como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6**

Cantidad promedio de excepciones	Desvíos (%)					
	Total	14 Bancos	Restantes	Total	14 Bancos	Restantes
Período 9/96 - 8/97	8.7	16.8	7.0	-56,6	-79,3	-49,1
Período 6/98 - 5/99	15.3	20.6	13.8	-84,0	-97,3	-82,3
Período 6/99 - 5/00	4.0	11.5	2.0	-54,0	-55,7	-52,4
Período 6/00 - 5/01	6.4	10.2	5.3	-67,8	-97,3	-64,5

Se destaca particularmente el tercer período en donde la cantidad promedio de excepciones de estos 14 bancos casi sextuplica a la de los restantes. Este fenómeno podría explicarse por un mayor movimiento en el “Trading Book” de estos bancos, o tal vez al hecho de haber cometido errores en el cálculo del VaR de sus posiciones en la información reportada. Asimismo la magnitud de los desvíos es sensiblemente mayor al resto de las entidades. En todo caso se trata de entidades que merecerían un estudio más profundo. Se analizarán algunos aspectos de este fenómeno más detenidamente en las siguientes secciones.

### III.e Análisis de la independencia estadística de las excepciones

En las secciones III.c y III.d nos limitaremos a trabajar con los datos de los últimos dos períodos. En el cuadro IV del Anexo hemos representado la ocurrencia de excepciones en una tabla de doble entrada según el mes y el día correspondientes a los últimos dos períodos. Los totales por mes dependerán de las condiciones del mercado, y no debiera llamar la atención que las cantidades fluctúen. Uno esperaría mayor homogeneidad en los totales por día, salvo la ocurrencia de algún día “negro” en particular, el cual haya generado una cantidad excesiva de excepciones. Por ejemplo la ocurrencia de 21 excepciones el día 12/7/1999, fue debida a un evento de mercado asociado a una caída del índice EMBI+ de bonos Argentinos de 2.5% y simultáneamente una caída del Merval del 8.7%. Lo que no parece tener una justificación estadística es la ocurrencia de mayor cantidad de excepciones durante los últimos días del mes, debido a que en ambos períodos representados no se observan para dichos días eventos financieros extremos. Cabría la sospecha de que pudiesen existir problemas en el reporte de la información que generan excesos en demasía.

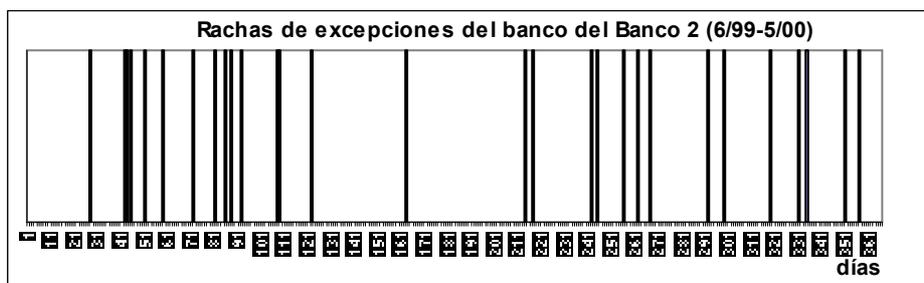
Otro aspecto a tener en cuenta es la existencia de rachas incompatibles con la hipótesis de independencia. Si consideramos como racha una secuencia de excepciones, separadas a lo

sumo por 2 días (si 1 indica excepción y 0 indica no excepción entonces 11,1101, 1001 son rachas pero no 10001) llama la atención que una gran cantidad de las excepciones encontradas se concentran en estas rachas. En el Cuadro 7 a continuación se presentan los casos más característicos de rachas entre los bancos analizados y en el Gráfico 3 se representan tres gráficos en los cuales se aprecia este fenómeno.

**Cuadro 7**

Entidad	Excepciones	Excepciones en Rachas
Banco 1 (6/99 – 5/00)	33	15
Banco 2 (6/99 – 5/00)	24	15
Banco 3 (6/99 – 5/00)	16	11
Banco 4 (6/00 – 5/01)	19	8
Banco 5 (6/00 – 5/01)	20	16

**Gráfico 3**



Este fenómeno podría deberse en algún caso a problemas en la información que reportan los bancos citados, o tal vez a la existencia de cierta autocorrelación en los retornos, lo cual podría ser indicio de una falta de independencia estadística. Con la información disponible, no es posible determinar cuáles son las causas de estas rachas.

Aunque no podamos precisar qué motiva la aparición de las rachas, es posible ver que, si en vez de tomar el número de excepciones se analizara el número de rachas en las cuales los retornos negativos exceden al VaR del modelo, los resultados que se obtienen son más favorables a la hipótesis de que el modelo tiene la cobertura correcta.

### III.f Problemas de información y errores en la aplicación de la metodología

En primer lugar cabe recordar que los resultados presentados en este documento surgen de un subconjunto de entidades ya que se han descartado previamente en cada período aquéllas que no presentaron información completa. Y también se han corregido algunos errores evidentes<sup>11</sup>. No obstante, la información sigue teniendo problemas. Un problema que es claro e inmediato es el tamaño de las excepciones informadas. Teniendo en cuenta que las exigencias que establece el BCRA (que equivalen al VaR) son porcentajes significativos de las posiciones, es muy improbable que los retornos negativos sean tantas veces superiores al VaR y de hecho es imposible que se registren retornos que sean 150 o 300 veces el VaR como ha sido reportado en ciertas ocasiones. Por otra parte, las entidades no informan posiciones en opciones ni posiciones vendidas importantes, por lo cual tampoco podría deberse a un neteo del riesgo muy permisivo por parte de la norma.

Otro aspecto que llama poderosamente la atención es la regularidad en el día del mes cuando se reportan las excepciones para algunas entidades. En particular se observa los siguientes patrones en cuanto a la ocurrencia de excepciones en ciertos bancos durante los dos últimos períodos:

- Banco 1 (6/99 – 5/00): De 10 excepciones, todas ocurren entre los días 13 y 18.
- Banco 2 (6/99 – 5/00): De 11 excepciones, 9 ocurren entre los días 26 y 28.
- Banco 3 (6/99 – 5/00): De 8 excepciones, todas ocurren entre los días 29 y 31.
- Banco 4 (6/99 – 5/00): De 8 excepciones, 7 ocurren entre los días 26 y 29.
- Banco 5 (6/00–5/01): De 10 excepciones, 7 ocurren entre los días 27 y 29.
- Banco 6 (6/00– 5/01): De 20 excepciones, 14 ocurren entre los días 26 y 30.

Cabe destacar que los primeros tres de estos bancos presentan asimismo grandes desvíos en sus excepciones, como se observa en la tabla IV del Anexo. Todo ello hace pensar que estas entidades podrían no estar respetando fielmente las definiciones de los datos a informar y estarían reportando información que refleja algún procedimiento interno periódico.

Otro aspecto curioso es la repetición en cuanto a la magnitud de lo desvíos que se observa en alguno de los bancos de la muestra .

---

<sup>11</sup> Los retornos de las posiciones según la normativa debe informarse con respecto a la posición del último día del mes anterior. Es evidente que algunas entidades han informado los retornos con respecto al día anterior durante algunos meses, sobre todo los primeros. Esto se nota por la evolución del retorno y porque los feriados aparecen con variación nula, en lugar de repetir el dato anterior. Este error se ha corregido, llevando los datos a la definición que corresponde según la norma.

Debido a que los desvíos están definidos como  $(VaR-Ret)/VaR$ , y ambas magnitudes son aleatorias, no parecería haber ninguna razón por la cual se debieran repetir en forma exacta. En el siguiente cuadro se presentan ejemplos de algunas entidades que presentaron este problema, y cabe sospechar que los mismos fueron debidos a algún error en la manera que se informó al BCRA ó en el cálculo de los datos.

**Cuadro 8**

<b><i>Desvíos en las excepciones (expresadas en porcentaje)</i></b>										
Banco 1		Banco 2		Banco 3		Banco 4				
Jun-99	15	-11.8	Jul-99	28	-37.6	Jul-99	15	-5	03/05/01	-11.8
Jul-99	7	-11.8	Ago-99	27	-49.1	Jul-99	30	-11.8	10/05/01	-11.8
Jul-99	8	-11.8	Sep-99	28	-49.1	Oct-99	27	-123.6	11/05/01	-11.8
Jul-99	12	-11.8	Jun-99	28	-62.6	Oct-99	29	-123.6	10/11/00	-58.7
Jul-99	20	-11.8	Dic-99	7	-62.6	Nov-99	12	-123.6	23/04/01	-62.6
Jul-99	23	-11.8	Oct-99	27	-67.7	Dic-99	15	-123.6	07/11/00	-101.2
Ago-99	2	-11.8	Nov-99	26	-83				18/10/00	-186.5
Oct-99	15	-11.8	Dic-99	28	-83				13/09/00	-552.2
Oct-99	27	-11.8	Ene-00	27	-83					
Oct-99	13	-83	Feb-00	25	-83					
Oct-99	29	-164.3	May-00	1	-383					
Dic-99	17	-195.7	Abr-00	26	-27653					
Jun-99	2	-235.4								
Sep-99	16	-318								
Oct-99	4	-601.3								
Nov-99	11	-1209.7								

También se puede contrastar la consistencia interna de los datos reportados. Las entidades envían al BCRA información diaria de los VaR y los retornos, para cada categoría de activos, e información más desagregada (VaR de posiciones compradas y vendidas por categoría, por ejemplo) para el último día del mes. Si se compara la información abierta de cada fin de mes con la información agregada diaria correspondiente a ese mismo día se detectan otros posibles errores de aplicación de la metodología (o de la información reportada). Evidentemente, si la entidad informante aplicara la metodología en forma correcta, los totales diarios serían exactamente iguales a la suma de los valores con mayor apertura. Esta comprobación se llevó a cabo para las entidades comprendidas en la muestra para los meses de diciembre de 1996, 1997, 1998 y 1999 abril de 2000. En diciembre de 1996, para 40% de las entidades observadas, los dos totales no coincidían; luego el porcentaje va disminuyendo a 24% en 1997 y a 18% en 1998 y vuelve a subir a 29% en diciembre de 1999 y abril de 2000. Este análisis elemental sugiere que existen errores en la presentación de la información.

## *IV Conclusiones*

El Backtesting de la norma de riesgo de mercado es una tarea rutinaria, que debería realizarse todos los años, pues en un entorno cambiante, es una forma efectiva de detectar problemas en el funcionamiento de la norma. El primer Backtesting de la norma se había efectuado en Septiembre del 2000 y se había tomado una muestra de 70 entidades para un solo período comprendido entre 6/99 y 4/00, obteniéndose 7 entidades en la zona roja, 10 en la amarilla y 53 en la zona verde. Una cantidad respetable de las excepciones observadas parecían provenir de errores de implementación de la norma por parte de las entidades (confirmados luego de la ronda de consultas), de modo que de corregirse éstas, la cantidad de bancos en las zonas rojas y amarilla disminuiría. Estos resultados indicaban pues un funcionamiento bastante satisfactorio de la norma, y por lo tanto no se considero razonable modificarla.

El segundo Backtesting de la norma se comenzó en Septiembre del 2001, y se decidió hacerlo en forma más abarcadora. Se eligieron los cuatro períodos históricos mencionados en las secciones anteriores de tal manera que tengan igual longitud y cubran los mismos meses (con excepción del primero). Se descartaron cinco de los bancos incluidos en el Backtesting correspondiente al período analizado el año anterior y se le agregó el mes de Mayo 2001, sin embargo no se observaron grandes cambios respecto a los resultados observados previamente. Sin embargo, en los tres períodos adicionales se observo un aumento notable (y preocupante) de la cantidad de entidades en las zonas comprometidas.

Nuestras conclusiones contemplan especialmente los dos últimos períodos comprendidos entre junio de 1999 y mayo del 2001, debido a que en ambos se usó la metodología que aún está vigente para el cálculo de volatilidad. Su forma de cálculo es determinante en cuanto a las excepciones ocurridas y por lo tanto no consideramos razonable incluir los primeros dos períodos a efectos de un análisis comparativo del funcionamiento de la norma. Bajo la hipótesis de que la información suministrada es correcta y a la luz de la nueva información incorporada, el modelo estandarizado del BCRA de requisito mínimo de capital por riesgo de mercado parece sugerir que se estaría subestimando el capital requerido para cubrir dicho riesgo, pues el número de excepciones observado es mayor a lo que uno esperaría obtener, lo cual también se refleja en porcentajes elevados de bancos en la zona roja (10.8% y 22.2% durante el tercer y cuarto período respectivamente), sin mencionar a aquellos en la zona amarilla. Esto puede deberse en parte a que los activos son más riesgosos de lo que se supuso inicialmente. En otras palabras el retorno de los mismos no se distribuye en forma normal, hipótesis bajo la cual se determino la expresión de VaR, sino con una distribución con colas de probabilidad más pesadas. De alguna manera el Comité de Basilea resuelve esta incertidumbre imponiéndoles a los VaR calculados con modelos internos de los bancos un factor multiplicativo  $\geq 3$  (ver sección 1.a). En todo caso presentamos un cuadro comparativo (cuadro 10) entre la normativa propuesta por Basilea para el cargo de capital a aplicar por los bancos que usen modelos internos y la normativa local en el caso de un solo activo.

**Cuadro 10**

***Comparación entre Requisitos de Capital por Riesgo de Mercado***

	<b>Normativa Basilea</b>	<b>Normativa local</b>
Modelos	Internos	Estandarizado
Nivel de confianza	99%	99%
Distribución de retornos	Desconocido	Normal
Holding Period	10 días	5 días
Cargo de Capital para un solo activo (MRC <sub>t+1</sub> )	$\max \left[ VaR_t, (3 + S_t) * \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i} \right]^{12}$	$VaR_t = 2.33 * \sqrt{5} * \sigma * X_t$

Pareciera que la exigencia local fuese menos conservadora que la de Basilea, pero debería tenerse en cuenta que esta fue concebida para cubrir el riesgo de modelos no accesibles a los reguladores (y por lo tanto con un mayor riesgo potencial que en el caso de un modelo estandarizado). En esta comparación tampoco se ha tenido en cuenta la forma de calcular las volatilidades, el tratamiento dado a la compensación entre activos comprados y vendidos, o al agrupamiento de los mismos, lo cual podría generar una reducción de la volatilidad de los retornos de la cartera.

Aún cuando en base al cálculo de VaR diario pareciera ser necesario aumentar la exigencia, cabe recordar el efecto mencionado anteriormente respecto a que la exigencia cubre el Valor a Riesgo de cinco días, lo que implica multiplicar el valor de VaR que se ha usado en este trabajo por la raíz de 5 (ver sección III.c ). Asimismo debemos considerar las excepciones adicionales causadas por los aparentes errores que hemos mencionado anteriormente. Este hecho probablemente reduciría los bancos en la zona roja y amarilla.<sup>13</sup> Se debería pues inducir a los bancos a corregir dichos errores. Una modalidad sería a través de ejemplos de aplicación de la norma, como el que esta gerencia tiene programado publicar a la brevedad. Otra alternativa sería a través de un sistema de premios y castigos, por ejemplo a través de factores multiplicativos (>1) que se aplicarían en forma individual al VaR de cada banco, de tal manera de llevar aquellos que estuvieron en zona roja o amarilla a la zona verde.

<sup>12</sup> El VaR<sub>t</sub> puede ser calculado por el banco pero debe tener incorporado la posibilidad de un shock instantáneo equivalente a un movimiento adverso en los precios con tenencia mínima de 10 días y con un nivel de confianza del 99% (k=2.326)

<sup>13</sup> Aunque también es posible que los mismos errores hayan actuado en el sentido contrario, o sea reduciendo la cantidad de excepciones.

Otro aspecto a tener en cuenta es el bajo poder estadístico de los tests usados en el presente trabajo para determinar la cantidad de excepciones, y el hecho de que ninguno de los dos tiene en cuenta la magnitud de la posición y en que porcentaje se supero el VaR.

Por lo tanto pareciera ser conveniente:

- a) Corregir los problemas de información observados y los errores cometidos en forma recurrente por las entidades en la aplicación de la norma.
- b) Buscar metodologías alternativas para el cálculo del VaR, que incorporen las propiedades estadísticas reales de los retornos, aunque es un tema que no está aún definido a nivel internacional.
- c) Buscar nuevas técnicas de Backtesting, que no solo tengan en cuenta la cantidad de excepciones, sino también el desvío de las mismas, y el tamaño de la posición.

A pesar de que el gran porcentaje de bancos en zona roja y amarilla observada durante el último período se deba en gran medida a razones coyunturales muy particulares, se reconoce la necesidad de actuar en forma inmediata en cuanto a incorporar las modificaciones necesarias para garantizar una cobertura adecuada, incluso bajo estas circunstancias. Por lo tanto ya se encuentran trabajos de investigación en estado avanzado referidos a los puntos b) y c) antes mencionados, como así también un ejemplo completo de aplicación de la norma a efectos de resolver en parte el punto a).

# **Anexo**

## Cuadro A

$$\sigma_i = \left[ (1 - \lambda) \sum_{j=1}^{74} \lambda^j * (R_{i,t-j} - MR_i)^2 \right]^{0,5}$$

$$R_{i,t-j} = \left( \frac{P_{i,t-j}}{P_{i,t-j-1}} \right) - 1$$

$$MR_i = (1 - \lambda) * \sum_{j=1}^{74} \lambda^j * R_{i,t-j}$$

donde

$\lambda = 0,94$ ;  $j = 1$  a  $74$

$P_{i,t-j}$  = precio del activo  $i$  al cierre del día  $t - j$

La misma fórmula se establece en la norma como aplicable por los bancos para activos extranjeros, ya que en estos casos el BCRA no publica las volatilidades.

**Cuadro I: Probabilidades binomiales**

Modelo es adecuado			Modelo es inadecuado								
Excepciones	Cobertura	99%	Excepciones	Cobertura	98%	Cobertura	0,97	Cobertura	0,96	Cobertura	95%
250	exacto	tipo I	250	exacto	tipo II						
0	8,2%	100,0%	0	0,7%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
1	20,5%	91,9%	1	3,4%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2	25,7%	71,4%	2	8,4%	3,9%	1,6%	0,4%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
3	21,4%	45,7%	3	14,0%	12,0%	3,9%	1,9%	0,8%	0,2%	0,1%	0,0%
4	13,4%	24,2%	4	17,5%	26,2%	7,3%	5,7%	1,9%	0,9%	0,4%	0,1%
5	6,7%	10,8%	5	17,5%	43,9%	10,9%	12,8%	3,8%	2,7%	0,9%	0,5%
6	2,8%	4,1%	6	14,6%	61,6%	13,7%	23,7%	6,3%	6,3%	2,0%	1,3%
7	1,0%	1,4%	7	10,4%	76,4%	14,6%	37,5%	9,0%	12,5%	3,5%	3,1%
8	0,3%	0,4%	8	6,5%	86,9%	13,7%	52,4%	11,3%	21,5%	5,5%	6,5%
9	0,1%	0,1%	9	3,6%	93,4%	11,4%	66,3%	12,5%	32,8%	7,7%	11,9%
10	0,0%	0,0%	10	1,8%	97,0%	8,6%	77,9%	12,5%	45,5%	9,6%	19,5%
11	0,0%	0,0%	11	0,8%	98,7%	5,9%	86,6%	11,4%	58,3%	10,9%	29,1%
12	0,0%	0,0%	12	0,3%	99,5%	3,7%	92,4%	9,5%	69,9%	11,3%	40,2%
13	0,0%	0,0%	13	0,1%	99,8%	2,1%	96,0%	7,3%	79,5%	10,9%	51,8%
14	0,0%	0,0%	14	0,0%	99,9%	1,1%	98,0%	5,2%	86,9%	9,7%	62,9%
15	0,0%	0,0%	15	0,0%	100,0%	0,6%	99,1%	3,5%	92,1%	8,1%	72,9%

Nota: La tabla reporta simultáneamente la probabilidad exacta de obtener un cierto número de excepciones de una muestra de 250 observaciones independientes bajo distintos niveles de cobertura, como asimismo las probabilidades de cometer un error del tipo I o II, derivadas de dichas probabilidades exactas.

La parte izquierda de la tabla pertenece al caso en el cual el modelo es preciso y su real nivel de cobertura es del 99%. O sea, la probabilidad de que cualquier observación sea una excepción es 1%. La columna etiquetada “exacta” reporta la probabilidad de obtener exactamente el número de excepciones mostradas en una muestra de 250 observaciones independientes. La columna etiquetada “tipo I” reporta la probabilidad de que, usando un determinado número de excepciones como nivel de corte para rechazar un modelo, rechacemos erróneamente un modelo adecuado usando una muestra de 250 observaciones. Por ejemplo, si el nivel de corte se fija en 5 o más excepciones, la columna “tipo I” reporta que la probabilidad de rechazar en forma errónea un modelo adecuado con 250 excepciones es de 10.8%, cifra que representa la probabilidad de que haya 5 excepciones o más cuando el modelo es adecuado, o sea, la cola de la distribución.

La parte derecha de la tabla pertenece a modelos inadecuados. En particular, la tabla analiza 4 modelos inadecuados, en particular aquellos cuyos niveles de cobertura son 98%, 97%, 96%, y 95% respectivamente (cuando el nivel de cobertura de un modelo adecuado es del 99%). Para cada modelo inadecuado, la columna “exacta” reporta la probabilidad de obtener exactamente el número de excepciones mostradas en una muestra de 250 observaciones independientes. La columna etiquetada “tipo II” reporta la probabilidad de que, usando un determinado número de excepciones como nivel de corte para rechazar un modelo, aceptemos erróneamente un modelo inadecuado usando una muestra de 250 observaciones. Por ejemplo, si el nivel de corte se fija en 5 o más excepciones, la columna “tipo II”, para un nivel de cobertura del 97%, reporta que la probabilidad de aceptar en forma errónea un modelo inadecuado con solo 97% de cobertura y 250 excepciones es de 12.8%

*Cuadro II: definición de las tres zonas de Basilea*

Zona	Excepciones (n = 250)	Factor multiplicativo (3 + St)	Probabilidades acumuladas
Verde	0	3.0	8.11%
	1	3.0	28.58%
	2	3.0	54.32%
	3	3.0	75.81%
	4	3.0	89.22%
Amarilla	5	3.4	95.88%
	6	3.5	98.63%
	7	3.65	99.60%
	8	3.75	99.89%
	9	3.85	99.97%
Roja	10	4.0	99.99%

Nota: La tabla define las zonas verdes, amarillas y rojas que los supervisores usarán para analizar los resultados del “backtesting” en conjunción con el uso de modelos internos para determinar el RCM. Los límites mostrados en la tabla se basan en una muestra de 250 observaciones. Para otros tamaños de muestra, la zona amarilla comienza en el punto donde la probabilidad acumulada iguala o supera el 95%, y la zona roja en el punto donde la probabilidad acumulada iguala o supera el 99.99% .

Cuadro III a: Test de hipótesis binomial, zonas de Basilea y desvíos de los bancos

Banco	Período 9/96 - 8/97					Período 6/98 - 5/99					Período 6/99 - 5/00					Período 6/00 - 5/01								
	Excepciones (9/96-8/97)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*	Excepciones (6/98-5/99)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*	Excepciones (6/99-5/00)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*	Excepciones (6/00-5/01)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*
Banco 1	3 V	0,108	-7,9																					
Banco 2	2 V	0,097	-324																					
Banco 3	11 R	16,1	-72 R	R		25 R	72,8	-51 R	R			9 A	10,39	-16,2 R	R			7 A	5,61	-74	R			
Banco 4	4 V	0,806	-46			19 R	45,6	-68 R	R			0 V												
Banco 5	20 R	49,89	-22 R	R		24 R	68	-58 R	R			2 V	0,097	-472				7 A	5,61	-69	R			
Banco 6	7 A	5,608	-76	R		9 A	10,4	-61 R	R			2 V	0,097	-46,8				8 A	7,87	-161 R	R			
Banco 7	11 R	16,1	-22 R	R		9 A	10,4	-48 R	R			0 V						0 V						
Banco 8	23 R	63,35	-128 R	R																				
Banco 9	16 R	33,49	-20 R	R		13 R	22,6	-146 R	R															
Banco 10	7 A	5,608	-53	R		9 A	10,4	-84 R	R			1 V	1,14	-7,9				5 A	2,02	-24				
Banco 11	4 V	0,806	-17			5 A	2,02	-286				1 V	1,14	-2076				3 V	0,11	-69				
Banco 12	0 V					31 R	103	-85 R	R			2 V	0,097	-41,8				4 V	0,81	-66				
Banco 13	5 A	2,018	-135			15 R	29,7	-195 R	R			0 V						9 A	10,4	-26	R	R		
Banco 14																		4 V	0,81					
Banco 15	14 R	26,07	-68 R	R		16 R	33,5	-158 R	R			1 V	1,14	-11,2				6 A	3,64	-49				
Banco 16	20 R	49,89	-330 R	R		12 R	19,3	-92 R	R			15 R	29,71	-44,5 R	R			18 R	41,4	-198 R	R			
Banco 17	2 V	0,097	-158			8 A	7,87	-78 R	R			3 V	0,108	-690				4 V	0,81	-198				
Banco 18	14 R	26,07	-39 R	R		9 A	10,4	-121 R	R															
Banco 19	5 A	2,018	-183			11 R	16,1	-232 R	R			10 R	13,14	-556 R	R			19 R	45,6	-34	R	R		
Banco 20	4 V	0,806	-484			10 R	13,1	-154 R	R			8 A	7,87	-259 R	R			7 A	5,61	-67	R			
Banco 21	8 A	7,87	-37 R	R		22 R	58,8	-124 R	R			11 R	16,1	-75,4 R	R			4 V	0,81	-41				
Banco 22																		2 V	0,1					
Banco 23																		1 V	1,14					
Banco 24	23 R	63,35	-60 R	R		20 R	49,9	-35 R	R			3 V	0,108	-204										
Banco 25	1 V	1,14	-18			16 R	33,5	-66 R	R															
Banco 26	6 A	3,642	-117			8 A	7,87	-105 R	R			0 V						7 A	5,61	-15	R			
Banco 27	0 V					0 V						1 V	1,14	-437				0 V						
Banco 28	0 V																							
Banco 29	1 V	1,14	-12			0 V						0 V												
Banco 30	12 R	19,25	-36 R	R		19 R	45,6	-61 R	R			6 A	3,642	-102				7 A	5,61	-48	R			
Banco 31	0 V					5 A	2,02	-24				2 V	0,097	-28,6				5 A	2,02	-9				
Banco 32	0 V																							
Banco 33	0 V					14 R	26,1	-102 R	R			16 R	33,49	-11,8 R	R			10 R	13,1	-109	R			
Banco 34	0 V																							
Banco 35																		3 V	0,11					
Banco 36	9 A	10,39	-47 R	R		18 R	41,4	-52 R	R			2 V	0,097	-52,4				8 A	7,87	-61				
Banco 37																		1 V	1,14					
Banco 38	33 R	114	-262 R	R		37 R	136	-289 R	R			11 R	16,1	-55,7 R	R									
Banco 39	12 R	19,25	-49 R	R																				
Banco 40	0 V					2 V	0,1	-33				1 V	1,14	-98,5				7 A	5,61	-87	R			
Banco 41	2 V	0,097	-39																					
Banco 42	8 A	7,87	-80 R	R		15 R	29,7	-82 R	R			8 A	7,87	-8,35 R	R			10 R	13,1	-33	R	R		
Banco 43	0 V					8 A	7,87	-102 R	R			6 A	3,642	-79,7				9 A	10,4	-951 R	R			
Banco 44												1 V	1,14											
Banco 45	23 R	63,35	-164 R	R		6 A	3,64	-73				1 V	1,14	-9,8				1 V	1,14	-20				
Banco 46	29 R	92,79	-153 R	R		40 R	154	-83 R	R			6 A	3,642	-46,5				10 R	13,1	-70	R	R		
Banco 47	0 V					27 R	82,6	-77 R	R			1 V	1,14	-28,5										
Banco 48	2 V	0,097	-370																					

\*  $\chi^2(1\%) = 6.635$   $\chi^2(1\%) = 6.635$

Cuadro III b: Test de hipótesis binomial, zonas de Basilea y desvíos de los bancos

Banco	Período 9/96 - 8/97						Período 6/98 - 5/99						Período 6/99 - 5/00						Período 6/00 - 5/01					
	Excepciones (9/96-8/97)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*	Excepciones (6/98-5/99)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*	Excepciones (6/99-5/00)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*	Excepciones (6/00-5/01)	Zona Basilea	Estadístico LRuc	Desvío mediano (%)	Rechazo Test (al 1%)*	Rechazo Test (al 5%)*
Banco 49	2 V		0,097	-139			13 R	22,6	-69	R	R	1 A	1,14	-24,3				4 V	0,81	-65				
Banco 50	3 V		0,108	-46			9 A	10,4	-96	R	R	2 V	0,097	-63,7				5 A	2,02	-74				
Banco 51	7 A		5,608	-32		R	37 R	136	-79	R	R	0 V												
Banco 52	11 R		16,1	-12		R																		
Banco 53	0 V						19 R	45,6	-45	R	R	2 V	0,097	-57,3				1 V	1,14	-38				
Banco 54	6 A		3,642	-11																				
Banco 55	5 A		2,018	-78																				
Banco 56	18 R		41,45	-41		R	11 R	16,1	-56	R	R	2 V	0,097	-67,3				5 A	2,02	-111				
Banco 57							13 R	22,6	-126	R	R	5 A	2,018	-27,6				2 V	0,1	-4				
Banco 58	10 R		13,14	-42		R																		
Banco 59	0 V						20 R	49,9	-81	R	R	4 V	0,806	-129				11 R	16,1	-92	R	R		
Banco 60																		3 V	0,11					
Banco 61	10 R		13,14	-40		R	2 V	0,1	-55			0 V		0			6 A	3,64	-134					
Banco 62	7 A		5,608	-364		R	6 A	3,64	-116			3 V	0,108	-49,9				1 V	1,14	-24				
Banco 63																		5 A	2,02					
Banco 64	22 R		58,76	-47		R	21 R	54,3	-108	R	R	1 V	1,14	-38,8										
Banco 65																		9 A	10,4		R	R		
Banco 66	36 R		130,7	-33		R	21 R	54,3	-80	R	R	5 A	2,018	-44,8				7 A	5,61			R		
Banco 67	0 V						0 V		0			0 V						0 V						
Banco 68	0 V								-124															
Banco 69	28 R		87,67	-77		R	19 R	45,6	-84	R	R	1 V	1,14	-1018										
Banco 70	8 A		7,87	-85		R	71 R	361	-178	R	R	1 V	1,14	-31,4				1 V	1,14					
Banco 71	8 A		7,87	-46		R						0 V												
Banco 72	1 V		1,14	-347			14 R	26,1	-89	R	R	0 V												
Banco 73	16 R		33,49	-91		R	3 V	0,11	-25			0 V						0 V						
Banco 74	5 A		2,018	-36																				
Banco 75	0 V						13 R	22,6	-116	R	R	1 V	1,14	-7,3				1 V	1,14	-78				
Banco 76	1 V		1,14	-139			43 R		-93			8 A	7,87	-47,7	R	R		10 R	13,1	-23	R	R		
Banco 77	31 R		103,3	-438		R	12 R	19,3	-153	R	R	8 A	7,87	-63,1	R	R		23 R	63,4	-481	R	R		
Banco 78	20 R		49,89	-35		R	17 R	37,4	-76	R	R	35 R	125,1	-323	R	R		10 R	13,1	-146	R	R		
Banco 79	10 R		13,14	-30		R	17 R	37,4	-165	R	R	0 V						5 A	2,02	-23				
Banco 80	19 R		45,61	-68		R	11 R	16,1	-192	R	R	4 V	0,806	-30				6 A	3,64	-180				
Banco 81	0 V						6 A	3,64	-106			8 A	7,87	-124	R	R								
Banco 82	0 V						0 V		0			0 V												
Banco 83	5 A		2,018	-28		R	15 R	29,7	-68	R	R	6 A	3,642	-124				9 A	10,4	-20	R	R		
Banco 84	9 A		10,39	-49		R	0 V					0 V												
Banco 85																		3 V	0,11					
Banco 86																		24 R	68		R	R		
Banco 87												0 V												
Banco 88																		20 R	49,9		R	R		
Banco 89	0 V						21 R	54,3	-98	R	R	0 V						10 R	13,1	-115	R	R		
Banco 90	0 V						0 V		0			0 V												
Banco 91	21 R		54,27	-78		R	49 R	209	-329	R	R	26 R		-86,3				11 R	16,1	-97	R	R		
Banco 92	20 R		49,89	-103		R	17 R	37,4	-90	R	R	2 V	77,68	-213	R	R		11 R	16,1	-76	R	R		
Banco 93	7 A		5,608	-291		R			0															
Banco 94																		6 A	3,64					
Banco 95																		2 V	0,1					
Banco 96							9 A	10,4	-74	R	R	2 V	0,097	-35,6				2 V	0,1					
Banco 97																		5 A	2,02					

\*  $\chi^2(1\%) = 6.635$   $\chi^2(1\%) = 6.635$

*Cuadro IV: Número de excepciones que registran las entidades por día y mes*

	Jun-99	Jul-99	Ago-99	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dic-99	Ene-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	May-00	Tot
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	3	11
3	1	0	1	0	0	1	1	4	0	1	2	1	12
4	0	0	0	0	2	1	0	3	0	0	1	0	7
5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
7	1	2	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	8
8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
9	1	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	2	8
10	1	0	1	1	0	2	0	0	1	0	1	2	9
11	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	1	0	6
12	0	21	1	0	0	2	0	0	0	1	0	2	27
13	0	4	1	0	2	0	1	0	0	1	1	0	10
14	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	6
15	3	4	0	1	2	0	2	0	1	0	0	2	15
16	1	0	0	2	0	0	2	0	0	4	0	1	10
17	1	0	0	1	0	0	2	0	3	0	1	1	9
18	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	7
19	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	3	6
20	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	5
21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
22	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	6
23	1	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	7
24	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	5
25	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	4
26	0	0	1	0	1	2	0	0	0	1	3	2	10
27	0	1	4	1	5	0	2	2	0	1	0	0	16
28	2	3	0	1	2	1	2	1	0	3	2	0	17
29	2	2	0	2	2	1	1	0	1	5	1	2	19
30	2	2	1	1	0	2	0	0		1	2	0	11
31		1	2		0		2	5		2		2	14
<b>Tot</b>	<b>19</b>	<b>50</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>276</b>

	Jun-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Oct-00	Nov-00	Dic-00	Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Tot
01	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	2	1	8
02	1	1	1	0	2	0	0	6	0	2	1	3	17
03	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	4	6	15
04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
05	1	0	0	1	0	0	3	1	1	1	0	0	8
06	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
07	0	0	0	1	0	7	1	0	0	0	0	1	10
08	1	0	0	1	0	7	0	3	0	1	0	1	14
09	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	2	6
10	0	0	2	0	1	4	0	0	0	0	2	1	10
11	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	8	14
12	0	1	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	7
13	1	0	0	1	1	3	0	0	0	2	0	0	8
14	0	1	0	1	0	3	0	0	0	1	0	4	10
15	2	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	6
16	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	3	2	10
17	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	2	0	8
18	0	2	0	1	2	0	0	0	0	1	0	2	8
19	0	1	0	0	1	1	0	0	0	12	14	0	29
20	2	0	0	2	1	2	1	0	0	3	16	0	27
21	1	2	0	1	0	2	1	0	0	6	1	3	17
22	0	0	2	1	0	0	1	1	0	15	0	1	21
23	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	28	0	32
24	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10	2	14
25	0	0	0	1	6	0	0	1	0	0	5	1	14
26	0	1	0	1	0	0	2	0	3	0	5	0	12
27	0	3	0	4	3	4	1	0	1	6	3	0	25
28	2	0	1	0	0	3	4	0	4	2	0	1	17
29	1	0	4	1	0	1	2	3		2	0	3	17
30	2	0	1	0	2	1	0	0		3	5	1	15
31		0	0		2		1	1		0		2	6
<b>Tot</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>64</b>	<b>105</b>	<b>46</b>	<b>410</b>