

MODELO DE RIESGO INTEGRAL Y STRESS TESTING

DIEGO ALEJO COSENTINO

*Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA),
IADCOM, Universidad de Buenos Aires
Av. Córdoba 2122 - 1120AAQ Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina
Diego.csn@gmail.com*

Recibido 5 de abril de 2015, aceptado 6 de junio de 2015

Resumen

A partir de la crisis que se originó durante el 2008 en Estados Unidos, conocida como “*subprime*”, quedó en evidencia que los modelos predominantes sobre la cuantificación de los riesgos que afectaban a entidades financieras necesitan una revisión. Esto se debe a que se terminaron observando eventos extremos pero cuya estimación de probabilidad de ocurrencia era casi nula. La consecuencia de esto fue la quiebra o fusión de muchos grandes bancos internacionales como el caso de *Lehman Brothers* o *Merrill Lynch*. Si bien la gran mayoría de los trabajos de investigación publicados con posterioridad al 2008 centran su análisis en cómo lograr mejorar los antiguos modelos para que su dinámica se adapte también a situaciones en las que el mercado se encuentra muy “estresado”, siguen manteniendo los mismos fundamentos lógicos detrás. Esto implica un avance en el análisis individual de cada riesgo, pero sin embargo no se observa un progreso hacia el estudio del conjunto de ellos.

El presente trabajo plantea que el análisis del riesgo en un banco debe ser integral. Se expone un modelo con una nueva visión sobre el funcionamiento de los riesgos dentro de un banco, que los redefine en una forma más conceptual (en riesgo de liquidez y de solvencia). Además de utilizarse para la cuantificación del riesgo, el mismo también sirve para el cálculo de proyecciones financieras, ya sea de préstamos, ingresos, costos, rentabilidad ajustada por riesgo, etc., como también de gestión, por ejemplo *market share*, posicionamiento en el sistema, etcétera.

Palabras clave: Riesgo Integral, *Stress Testing*, crisis *subprime*, riesgo de solvencia, riesgo de liquidez, finanzas cuantitativas.

AN INTEGRAL RISK MODEL AND STRESS TESTING

DIEGO ALEJO COSENTINO

*Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA),
IADCOM, Universidad de Buenos Aires
Av. Córdoba 2122 - 1120AAQ Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina
Diego.csn@gmail.com*

Abstract

The subprime crisis, which occurred in the United States in 2008, put in evidence the revision required of the quantitative risks model used in the financial system. One of its main causes was to put the focus on extreme events with probability close to zero. A direct consequence was the bankruptcy or merger of many large international banks, Lehman Brothers and Merrill Lynch as two of the most important examples. Even though most of research papers published after 2008 focused their analysis on how to improve the old models and also on how to adapt them to the actual dynamic in situations where there is a “stressed market”, they keep working under the same fundamentals. This means a progress in each individual analysis of risk. However, there is no improvement on the global study of risks.

This paper presents the idea of a broad analysis of risks that should be implemented by every bank. A statistical model with a new perspective about risks behavior inside any financial institution is the tool used as part of the analysis. This also implies a redefinition of risks in a more conceptual aspect, in liquidity and solvency. This model is not just useful for risk’s quantifications but for financial forecast such as the evolution of loans, incomes, costs, risk-adjusted return on capital, management projections (for example market share), etc.

Key words: Integral Risk, Stress Testing, subprime crisis, solvency risk, liquidity risk, quantitative finance.

1. Introducción

A mediados de 2006 se empezó a percibir que el precio de las viviendas en EEUU se estabilizó y dejó de subir estrepitosamente como venía sucediendo en el último quinquenio¹, lo cual produjo que las condiciones de renegociación de los préstamos hipotecarios dejaran de ser favorables para las personas deudoras². Esta situación provocó que las personas de muy mala calidad crediticia, lo que se conoce como categoría “*subprime*”, no pudieran honrar su deuda, haciendo que los bancos ejecutaran la garantía y subiera la oferta de casas en el mercado, lo que en última instancia provocó una baja en los precios. Esta caída de precios impulsó a que las garantías hipotecarias se vieran deterioradas, y que muchas personas de calidad crediticia baja se vieran en la situación de tener un saldo de deuda mayor al valor de su inmueble, lo que ocasionó que se creara un círculo vicioso. Asimismo, este tipo de préstamos solía ser titulizado por parte de los bancos, mediante fideicomisos a través de los instrumentos llamados CDO (*Collateralized Debt Obligation*), y salían a ofrecerlos en el mercado. Entre los compradores de estos activos se encontraban los bancos, y al darse esta situación donde la mora empezó a aumentar de una manera muy rápida estos derivados financieros (a los CDO de baja calidad crediticia se los denominó activos tóxicos o basura) vieron sus precios (y la cantidad pagada en los vencimientos) caer (Malz, 2011). Algunos bancos estuvieron muy expuestos y esta noticia llegó al mercado, lo que provocó que algunos presentaran la quiebra y otros fueran rescatados.

Riesgo, en el ámbito de las finanzas cuantitativas, se define como la posibilidad de que un hecho impacte de manera adversa a los objetivos predeterminados (Bessis, 2002), y a efectos del análisis del riesgo lo importante no es el nivel alcanzado hoy por las variables a estudiar, sino todas las posibles evoluciones desfavorables que éstas puedan llegar a tener en un futuro. Proyectar todos los movimientos posibles significa que se calculen todos los posibles escenarios que se puedan producir en el futuro, pero luego lo importante va a estar en calcular la probabilidad de ocurrencia de dichas proyecciones. La ventaja que se le suma a esta propiedad es que el enfoque integral, que se va a introducir en este trabajo, permite observar los impactos de todas las fuentes de riesgo sobre la solvencia y la liquidez de toda la institución, lo que se traduce en un mejor análisis acerca de las consecuencias de la simultaneidad de los eventos provenientes por distintas fuentes de riesgo. Asimismo, al estimar los resultados y la interacción simultánea de todas las variables proyectadas, se pueden añadir planes de comportamiento futuro. De este modo, el modelo posibilitaría que las variables proyectadas sean influidas por un programa de acción pre elaborado por la gestión interna de la empresa, obteniéndose así resultados acordes a la realidad. La combinación de factores descriptos con anterioridad permite un mejor análisis del comportamiento patrimonial de la empresa en situaciones de stress.

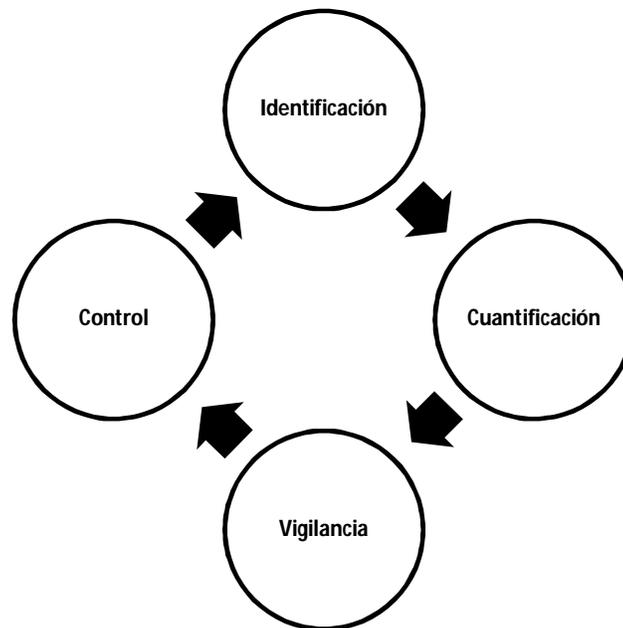
¹ <http://www.newyorkfed.org/home-price-index/>

² Ya que la dinámica que se venía observando era que las personas tomaban un préstamo hipotecario y luego al renegociar sus condiciones la garantía (la casa hipotecada) valía más, por lo tanto mejoraba su posición.

El enfoque integral posee la ventaja de realizar un análisis simultáneo del impacto en la liquidez y la solvencia de la ocurrencia de las distintas fuentes de riesgo al mismo tiempo, es decir que no se centra únicamente en un aspecto. Esta característica sirve para encontrar la combinación de estas dos variables (liquidez y solvencia) que haga más eficiente la utilización de los recursos, buscando minimizar el uso de ambas para que la probabilidad de quiebra de la entidad sea la menor posible. A la probabilidad de presentar un problema de liquidez y/o solvencia que conllevaría la quiebra se la conoce como Probabilidad de Ruina. Una particularidad a destacar es que en el análisis de la gestión del riesgo lo importante es observar el comportamiento de toda la distribución del proceso y no centrar el análisis en uno o dos parámetros (como por ejemplo media y desvío), así se analizan todos los potenciales desarrollos futuros de las variables y no se descartan porque su probabilidad de ocurrencia sea pequeña. Para la realización de este análisis se desarrollaron dos herramientas que responden a las características anteriores, y se las denominaron Valor a Riesgo (*Value at Risk*, en inglés) y la Pérdida Esperada Condicionada (*Expected Shortfall*, en inglés).

La gestión de riesgos se define según los acuerdos de Basilea III (BCBS, Principios básicos para una supervisión bancaria eficaz, 2012) como el siguiente ciclo continuo:

Gráfico 1. Ciclo de gestión del riesgo



Fuente: Elaboración propia.

- Identificación: Es el proceso por el cual se busca reconocer nuevas fuentes de riesgo.

- Cuantificación: Es el segundo paso en el ciclo y se encarga en medir el impacto que pudiera ocasionar dicha fuente de riesgo, es decir se desarrolla un modelo cuantitativo para medir en términos monetarios las pérdidas potenciales.
- Vigilancia: Es el seguimiento de la posible materialización de dicho riesgo.
- Control: Este proceso se encarga de observar que se cumplan los límites impuestos según el apetito al riesgo que delimite el directorio, y a su vez de hacer una gestión activa para poder mitigarlo.

El paradigma actual de la gestión de riesgos en una entidad bancaria se basa en el análisis particular de los mismos. Tal es así que no sólo se utilizan diferentes modelos para el cálculo de los distintos riesgos, sino que se suelen emplear distintas medidas que no son comparables entre sí. Por ejemplo, para el riesgo de mercado se utiliza el Valor a Riesgo (*VaR*), que consiste en calcular la máxima pérdida potencial en un determinado período de tiempo y con una confianza preestablecida. Luego, para el riesgo de liquidez se utilizan principalmente dos ratios, llamados LCR (Coeficiente de cobertura de liquidez) y NSFR (Coeficiente de financiación estable neta) (BCBS, Basilea III: Marco internacional para la medición, normalización y seguimiento del riesgo de liquidez, 2010), que miden el nivel de activos líquidos para hacer frente a las obligaciones. Para el riesgo de crédito se suelen utilizar sistemas de *scoring* (Bessis, 2002) (Sironi & Resti, 2007) (Löffler & Posch, 2007) para calcular la probabilidad de default. Dichos modelos estudian el comportamiento pasado de algunas variables que se consideran relevantes, se buscan patrones que puedan predecir el comportamiento de los clientes en cuanto al repago de sus obligaciones con la entidad.

Para cada fuente de riesgo existen distintas metodologías para evaluar el nivel de cada uno de ellos, pero sin embargo estos modelos no posibilitan una fácil comparación de los resultados entre sí. Esto produce que uno pueda verse tentado a pensar que si cada departamento de riesgo hace bien su trabajo y mantiene controlado el riesgo que le corresponde entonces la organización no debería tener problemas. Sin embargo, este análisis del riesgo en entidades financieras puede presentar problemas en situaciones de crisis y/o estrés, ya que en estas circunstancias es cuando más se ponen a prueba la liquidez y la solvencia; y la idea que subyace detrás de este trabajo es que la naturaleza de los riesgos cambia en estas circunstancias de tensión de mercado, como se observó en 2008.

2. Herramientas estadísticas usualmente utilizadas

En el proceso de la gestión del riesgo el herramental estadístico para medir los diversos riesgos juegan un rol crucial, ya que son utilizados para poder entender mejor los potenciales impactos negativos en la entidad que pueden surgir por movimientos en las variables macroeconómicas y/o internas de la entidad. En los últimos años la estadística aplicada evolucionó tanto en las medidas de riesgo utilizadas como en los modelos implementados.

2.1 Valor a Riesgo (*VaR*)

El Valor a Riesgo (*Value at Risk*, en inglés) es el cuantil de una distribución de una variable aleatoria, y conceptualmente se define como el máximo (o mínimo) valor posible que puede tomar una variable en un lapso determinado y con un nivel de confianza predefinido (Jorion, 2007). El *VaR* posee la capacidad de resumir en un solo valor todas las fuentes de incertidumbre. Esto significa que puede haber muchas cosas que afecten al valor de un proceso, por ejemplo la tasa de interés, el precio de las acciones, de un índice, etc., pero que en un solo valor se sintetiza toda la información. Por esto, y por su fácil interpretación, el *VaR* ha tenido mucha repercusión en distintos ámbitos (Jorion, 2007).

Formalmente su definición es:

$$\alpha = \int_{-\infty}^{-VaR(\alpha, T)} f(x) dx \quad (1)$$

Siendo:

- α : Nivel de Confianza.
- T : Horizonte Temporal.
- $f(x)$: Función de densidad de probabilidad de Pérdidas y Ganancias.

2.2 Pérdida Esperada Condicionada (*ES*)

Conceptualmente la Pérdida Esperada Condicionada o *ES*³ (*Expected Shortfall*, en inglés) es el valor que se espera perder en un caso extremo. Formalmente es la esperanza condicionada de una variable por encima de un cuantil (el *VaR*). Esta herramienta complementa al análisis presentado previamente con el *VaR*, porque este último consiste en estimar la máxima pérdida posible dejando de lado el estudio sobre la cola de la distribución de pérdidas y el *ES* examina el comportamiento que tienen esas pérdidas extremas para calcular su valor más esperado. El *ES* se define de la siguiente manera:

$$ES(\alpha, T) = -E[X|X > \pi_\alpha] = \frac{\int_\alpha^1 VaR(\alpha, T) du}{1 - \alpha} \quad (2)$$

Siendo:

³También se lo conoce como *expected tail loss*, *tail conditional expectation (TCE)*, *tail VaR*, *conditional VaR*, *tail conditional VaR* and *worst conditional expectation* (Dowd, 2005).

- $ES(\alpha, T)$: Pérdida Esperada Condicionada (*Expected Shortfall*), monto promedio de pérdida si la pérdida supera el Valor a Riesgo. Con una probabilidad α y en un horizonte T.
- $VaR(\alpha, T)$: Valor a Riesgo con nivel de confianza α y horizonte T.

En síntesis, estas dos herramientas presentadas son las que tuvieron un gran impulso en los últimos años, principalmente porque en dos valores (VaR y ES) sintetiza mucha información y su entendimiento es sencillo (y que también son independientes de la distribución que se supuso al modelar), lo que facilita que personas no expertas puedan procesar en forma correcta dicha información y tenerla en cuenta para la toma de decisiones.

Gráfico 2. Balance simplificado

| | |
|-------------------------|------------------------|
| Disponibilidades | FCP |
| Activos Líquidos | Dep. a la Vista |
| Trading Book | Dep. a Plazo |
| Banking Book | FLP |
| | Oblig. Diversas |
| Otros Activos | Patrimonio Neto |

Fuente: Elaboración propia.

3. Balance estilizado de una entidad financiera

Para comenzar a analizar el riesgo de manera integral en un banco se procederá a realizar una breve descripción sobre el comportamiento de las variables que determinan la evolución patrimonial (Bessis, 2002). A diferencia de la mayoría del resto de las organizaciones, el balance de una entidad financiera está compuesto por diversos procesos que tienen relaciones determinísticas (identidades contables) y estocásticas.

El activo se divide en las siguientes categorías según su grado de liquidez y de acuerdo a la rentabilidad que genere la posición: Disponibilidades (Di), Activos Líquidos (AL), *Trading Book* (TB), *Banking Book* (BB) y Otros Activos (OA). Es decir que el Activo Total (A) se puede expresar como:

$$A = Di + AL + TB + BB + OA \quad (3)$$

Las Disponibilidades (Di) es el efectivo que posee un banco, su posición no genera intereses.

La posición en Activos Líquidos (AL) responde a activos que gozan de una realización casi inmediata, pero que generan intereses, como por ejemplo las cuentas que se conserva la entidad en otros bancos (incluido el Banco Central), los préstamos de muy corto plazo conocidos como *Call Money* y los pases a corto plazo (similares a los *Call Money* pero se entrega en garantía un instrumento financiero).

El *Trading Book* (TB) se compone de activos bastante líquidos los cuales poseen un valor que se determina en el mercado, es decir que se puede saber en cualquier momento cuánto es el precio de los mismos. Las entidades financieras suelen poseer un porcentaje importante de este tipo de activos, por más que su principal actividad sea distinta, ya que son la tercera barrera que se utiliza frente a las posibles contingencias de liquidez y además su tenencia genera rentabilidad. Dentro del TB se suelen encontrar bonos, acciones, divisas, *commodities*, letras de la autoridad monetaria, etc. También a esta posición se la conoce como cartera de negociación.

El *Banking Book* (BB) se compone principalmente de los préstamos que otorga la entidad y de la cartera de inversión (instrumentos financieros que se desean conservar hasta su vencimiento). Su valuación se realiza teniendo en cuenta los flujos de fondo que figuran en los contratos y se le resta la estimación del monto que se considera más probable que no se recupere debido al Riesgo de Crédito.

En Otros Activos (OA) se engloba los conceptos no atendidos anteriormente como por ejemplo los activos físicos, bienes intangibles, etc.

Los Pasivos Totales (P) se dividen entre Depósitos a la Vista (DV), Depósitos a Plazo (DP), Financiamiento a Corto Plazo (FCP), Financiamiento a Largo Plazo (FLP) y Obligaciones Diversas (OD).

$$P = DV + DP + FCP + FLP + OD \quad (4)$$

Los Depósitos a la Vista (DV) son las cuentas corrientes, cajas de ahorro, etc. que existen en la entidad y que no tienen un plazo mínimo de permanencia, es decir que en cualquier momento el titular de la misma puede realizar el retiro de su dinero. Algunas cuentas no generan intereses como las cuentas corrientes, pero otras generan una tasa de interés muy pequeña como las cajas de ahorro o las cuentas sueldo.

Los Depósitos a Plazo (DP) se componen de los plazos fijos que realizan terceros en la entidad, poseen un vencimiento contractual, lo que significa que el dinero se encuentra inmovilizado por un cierto lapso. Por el mismo se pagan intereses.

Como Financiamiento a Corto Plazo (FCP) se entiende a préstamos que realiza el banco con otros bancos, como por ejemplo el *Call Money* o los Pases. En cambio, el Financiamiento a Largo Plazo (FLP) se compone de préstamos obtenidos que no son a corto plazo (hasta 1 mes) o de alguna emisión de deuda como una Obligación Negociable (bono privado).

Obligaciones Diversas (OD) son las remuneraciones y las cargas sociales, los impuestos a pagar, los dividendos, etc.

Por último, el Patrimonio Neto (Capital en el período t) se compone del Capital Accionario (C) del periodo anterior más el Resultado Neto del período:

$$C_t = C_{t-1} + \Pi_t \quad (5)$$

El Capital Accionario (C) se toma como el monto de capital inicial y luego variará de acuerdo a cuánto se vayan capitalizando los resultados.

El Resultado Neto (Π) es el resultado del período, y se compone de los ingresos y los egresos, y puede ser tanto negativo como positivo. El desglose del Resultado Neto se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Pi = MIF - WR + Com - GA + RT - Div - OR \quad (6)$$

El Margen de Intermediación Financiera (MIF) es la resta de los intereses cobrados menos los pagados.

Los *Write-Offs* (WR) es el monto que se pierde a causa de defaults de préstamos otorgados dentro del periodo.

Las Comisiones (Com) representan los ingresos que cobra el banco por diversos servicios.

Los Gastos de Administración (GA) engloban todo tipo de gastos operativos de la compañía, como por ejemplo los salarios al personal, el gasto en insumos (computadoras, sistemas, etc.), entre otros.

Resultado por Tenencia (RT) representa la variación del valor de los activos y de los pasivos, como puede ser el caso de una variación en el valor de la posición en divisas si es que varía el tipo de cambio, el cambio de valor de una cartera de acciones, etc.

Dividendos (Div) representa el monto en dividendos que se pagará en el ejercicio.

Otros Resultados (OR) refiere a los conceptos no incluidos con anterioridad como por ejemplo los impuestos pagados durante el lapso.

El modelo reúne a todas las variables en la ecuación contable fundamental:

$$A = P + C \quad (7)$$

4. Antecedentes de la gestión del riesgo

El negocio bancario consiste principalmente en recibir dinero de terceros para luego prestarlo. Esto produce que el activo y el pasivo aumenten casi en el mismo nivel (no lo hacen en igual medida por la existencia del encaje) y produzcan un nivel alto de apalancamiento. Asimismo los bancos están expuestos a diversos riesgos y se les suma que las relaciones entre los mismos suelen ser muy grandes, ya que se suelen prestar grandes cantidades de dinero. Este cóctel ocasiona que si un banco muy grande o un pequeño grupo de bancos medianos ven debilitada su situación en términos de liquidez (no tener efectivo para hacer frente a los egresos de dinero) o de solvencia (que el patrimonio neto sea negativo, es decir que el Activo sea menor que el Pasivo), entonces deteriora la posición de todo el sistema. Debido a esto, se busca que toda la estructura sea lo más sólida posible, y para ello se intenta no sólo que individualmente cada banco opere de la manera más segura que pueda sino que la regulación apunta a lograr un sistema financiero sólido. Para ayudar con esta problemática el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BCBS, por sus siglas en inglés)⁴ propone recomendaciones sobre cómo los bancos centrales deben supervisar, entre otras cosas, la gestión de riesgos dentro de cada banco.

La gestión del riesgo dentro de bancos avanzó mucho en los últimos años jugando un rol preponderante el Comité de Basilea. Desde su creación, el BCBS publicó un conjunto de recomendaciones generales que se agruparon en tres versiones llamadas Basilea I (1988), II (2004) y III (2010). En general, las nuevas versiones de las recomendaciones del Comité de Basilea surgieron como respuesta a distintas crisis bancarias internacionales, y como estas recomendaciones intentan subsanar los errores cometidos en el pasado para que no se repitan en el futuro. Los diversos documentos que se van publicando se categorizan dentro de tres pilares, capital mínimo regulatorio (pilar 1), gestión interna de los riesgos (pilar 2) y disciplina de mercado (pilar 3). El primero responde a qué fórmulas deben aplicar los bancos para calcular el capital que deben poseer como mínimo (en función del riesgo de crédito, mercado y operacional). El segundo consta del proceso de gestión interna de los riesgos, es decir, del cálculo propio de capital de acuerdo a los métodos que el propio banco estima como necesarios. Dentro de éste se enmarca también las pruebas de estrés. El último pilar insta a los bancos a que difundan su proceso interno de gestión de los riesgos para que los inversores, los clientes y el resto de las entidades financieras puedan saber qué es lo que hacen en materia de riesgos y su grado de exposición.

El tema central del segundo pilar consiste en cómo calcular el capital propio, y se lo denominó *ICAAP* (por sus siglas en inglés: *Internal Capital Adequacy Assessment Process*) (BCRA, Com. "A" 5398, 2013), que significa proceso de autoevaluación del capital. Asimismo se resolvió que el capital efectivamente a integrar sea el mayor entre éste y el capital mínimo regulatorio.

⁴ El Comité de Basilea es una junta donde se reúnen representantes de las autoridades monetarias de los países con sistemas financieros más desarrollados.

En Argentina, la normativa del Banco Central de la República Argentina (BCRA) que surgió a partir del pilar dos de Basilea II, fue la Comunicación "A" 5203 (BCRA, Com. "A" 5203, 2011), en la misma se detallan cinco tipos de riesgo, de Crédito, de Mercado, de Tasa de Interés, de Liquidez y Operacional. Posteriormente, casi dos años después, se publicó una comunicación que modificaba a la anterior, la Comunicación "A" 5398 (BCRA, Com. "A" 5398, 2013), en la cual se añadieron 4 nuevas categorías de riesgo, a saber: Riesgo Estratégico, de Concentración, Titulización y Reputacional. Este trabajo defiende que las distintas clasificaciones de riesgo se fueron dando para que los bancos hagan un estudio puntual de dicho riesgo y no dejen de medirlo, pero no necesariamente porque sean "nuevos", un claro ejemplo es el Riesgo de Crédito y el de Concentración.

Según la Com. "A" 5398 se define al Capital Económico como:

"El capital económico de las entidades financieras es aquel que requieren para cubrir, no sólo las pérdidas inesperadas originadas por las exposiciones a los riesgos crediticio, operacional y de mercado, sino también las que provienen de otros riesgos -algunos de ellos, contemplados en las presentes disposiciones- a los que puede estar expuesta la entidad financiera."

A modo introductorio se presentarán los riesgos definidos en Comunicación "A" 5203⁵.

4.2 Riesgo de Mercado

"El riesgo de mercado se define como la posibilidad de sufrir pérdidas en posiciones dentro y fuera de balance a raíz de fluctuaciones adversas en los precios de mercado de diversos activos."

Los riesgos que lo componen son:

- *Riesgos inherentes a las acciones, a los instrumentos financieros cuyo valor depende de las tasas de interés y demás instrumentos financieros, registrados en la cartera de negociación;*
- *Riesgo de moneda a través de las posiciones dentro y fuera del balance."*

El modelo más desarrollado para este riesgo es el cálculo del VaR de la cartera que posee la entidad, compuesta principalmente por acciones, bonos, divisas, y derivados financieros.

4.1 Riesgo de crédito

"se entiende como riesgo de crédito a la posibilidad de sufrir pérdidas por el incumplimiento que un deudor o contraparte hace de sus obligaciones contractuales."

⁵ Siguiendo los lineamientos de Basilea II.

En líneas generales éste es el riesgo más importante que afecta a la mayoría de los bancos comerciales y participan en su medición tres factores, la probabilidad de default (PD), el monto al que se está expuesto ante un default (*EAD*, por sus siglas en inglés) y el porcentaje de pérdida si se incurre en un incumplimiento (*LGD*, por sus siglas en inglés). Existen varios modelos desarrollados para abarcar dicho riesgo (Trueck & Rachev, 2009) (Brigo, Pallavicini, & Torresetti, 2010) (Sironi & Resti, 2007) (Bessis, 2002) (Löffler & Posch, 2007) y varían según lo que se desea estimar. Para el cálculo del Capital Económico se suele utilizar la diferencia entre el valor esperado de pérdidas y un percentil de la distribución de pérdidas crediticias (que se lo denomina *CreditVaR*) (Bluhm, Overbeck, & Wagner, 2003) (Sironi & Resti, 2007).

4.3 Riesgo operacional

“Se entiende por riesgo operacional -concepto que incluye el riesgo legal y excluye el riesgo estratégico y de reputación-, al riesgo de pérdidas resultantes de la falta de adecuación o fallas en los procesos internos, de la actuación del personal o de los sistemas o bien aquellas que sean producto de eventos externos.”

Como este riesgo abarca las pérdidas ocasionadas por diversas circunstancias, su tratamiento suele ser mediante la aplicación del modelo de riesgo colectivo conocido como *AMA* (*Advanced Measurement Approach*, en inglés) (Panjer, 2006) (Gregoriou, 2009) (BCBS, Operational Risk – Supervisory Guidelines for the Advanced Measurement Approaches, 2011), es decir que se suele calcular el *VaR* utilizando una distribución de probabilidades ajustada a partir de una Base de Datos de Pérdidas Operacionales históricas.

4.4 Riesgo de tasa de interés

“Se entiende por riesgo de tasa de interés a la posibilidad de que se produzcan cambios en la condición financiera de una entidad como consecuencia de fluctuaciones en las tasas de interés, pudiendo tener efectos adversos en los ingresos financieros netos de la entidad y en su valor económico.”

El análisis de este riesgo suele hacerse en conjunto con el riesgo de liquidez, ya que no se puede concebir un estudio del Riesgo de Tasa de Interés sin observar las necesidades de fondeo y los excesos de liquidez. El paradigma se basa en dos modelos, uno consiste en examinar los Gaps (diferenciales) de intereses y el otro en calcular el valor económico (Sironi & Resti, 2007).

4.5 Riesgo de liquidez

Según la Com. “A” 5398:

“Se define a la liquidez como la capacidad de las entidades financieras de fondear los incrementos de los activos y cumplir con sus obligaciones a medida que éstas se hacen exigibles, sin incurrir en pérdidas significativas.”

Para el Riesgo de Liquidez se utiliza principalmente un ratio llamado Coeficiente de Cobertura de Liquidez (LCR, en inglés), que las Entidades Financieras deben informar en forma periódica al BCRA (BCRA, Com. "A" 5494, 2013). Si bien existen modelos que sirven para calcular el Gap de liquidez o modelos que calculan el Riesgo de la Liquidez intradiaria, no son los más difundidos en la práctica. En Basilea III también se desarrolló un ratio conocido como Coeficiente de financiación estable neta (NSFR, en inglés).

4.6 Análisis patrimonial dinámico (DFA)

En el ámbito del mercado de seguros en los últimos años se observó una proliferación del modelo conocido como Análisis Patrimonial Dinámico (*DFA*, por sus siglas en inglés) (Klugman, Panjer, & Willmot, 2008). El mismo consiste en realizar un estudio sobre la posible evolución de las variables patrimoniales de acuerdo a su distribución de probabilidades. La ventaja que permitió su rápida difusión en los seguros es que los procesos suelen ser independientes (o tener un grado de relación muy baja) y no existen relaciones contables fuertes (como en el caso de un banco), es por eso que la aplicación de un modelo de riesgo que trabaje directamente con el estado de situación patrimonial de una empresa de seguros se hizo mucho más sencillo.

5. Enfoque integral

El presente trabajo plantea un modelo que analice el riesgo desde una perspectiva integral. Para ello se agrupan a las fuentes de riesgo con características similares y se observa sus impactos de forma simultánea en cuanto a la liquidez y a la solvencia, esto significa que se resumen las fuentes de riesgo en cuatro divisiones y a los riesgos en dos categorías.

La separación entre las categorías de riesgo es en liquidez y en solvencia, siendo la primera la potencial capacidad de un banco en hacer frente a sus obligaciones inmediatas; y la segunda, la posibilidad de que el patrimonio neto se vuelva negativo. Todas las fuentes de riesgo impactan en algún grado tanto a la liquidez como a la solvencia de la entidad, es decir que todas las variables afectan directamente al balance de la organización y el impacto se estima luego de conjugar las variabilidades de los procesos. El método tradicional, por el contrario, calcula el resultado que le generaría cada fuente de riesgo por separado. Este aspecto queda evidenciado cuando se considera un capital por cada riesgo por separado y para lograr un único capital a integrar se debe utilizar otro modelo (Inanoglu & Jacobs, 2009).

Asimismo los riesgos se influyen indirectamente entre sí, es decir que si existe un problema de liquidez generalizado en el sistema y las tasas de interés se elevan considerablemente, la institución requiere de préstamos a altas tasas para poder suplir su situación de iliquidez lo que provoca una baja en la solvencia.

Las cuatro divisiones de riesgo son: Riesgo de Mercado, de Crédito, Operacional y de Seguros (Brammertz, Akkizidis, Breymann, Entin, & Rustmann, 2009). Si bien el modelo se puede aplicar en cualquier empresa, se hará hincapié en cómo funciona en un banco, por esto los más relevantes para este trabajo van a ser los primeros tres.

Riesgo de Mercado: es la incertidumbre derivada de una fluctuación en las tasas de interés, tipos de cambio, acciones o precio en los *commodities*. Esta definición también abarca a los cambios en los spreads, lo que cubre el riesgo de base y el riesgo de liquidez de mercado.

Riesgo de Crédito: es la incertidumbre proveniente del cambio en la calidad crediticia de la contraparte y a la potencial pérdida en caso de default.

Riesgo Operacional: es la incertidumbre ocasionada por pérdidas derivadas por fallas en los procesos, personas o sistemas.

Riesgo de Seguros: es la incertidumbre derivada de cambios en la tabla de mortalidad (en la industria de los seguros de vida), o en la frecuencia o severidad (en la industria de los seguros de no vida).

Al efecto de que la liquidez y/o la solvencia tomen valores negativos se lo llamará ruina, y lograr que la misma obtenga el menor valor de probabilidad posible será el objetivo del administrador del riesgo.

El enfoque integral posee la virtud de que el perjuicio producido a la entidad por las fuentes de riesgo se proyecta en forma simultánea, y como resultado de la interrelación de las mismas, esto permite capturar el impacto provocado, a diferencia de los modelos tradicionales, por la confluencia de más de una de ellas. Este aspecto sobresale al momento de realizar pruebas de stress, ya que en momento de crisis, aparte de maximizarse las pérdidas por las distintas fuentes de riesgo, éstas se dan en forma sincronizada en distintas magnitudes originando grandes complicaciones, tanto de liquidez como de solvencia, a las instituciones financieras.

La importancia radica en calcular el máximo impacto que está dispuesta a soportar la entidad con cierta probabilidad, porque ni la subvaloración ni la sobrevaloración de la probabilidad de ruina son alternativas eficientes a considerar. La primera circunstancia, subvaloración, provoca que la empresa no esté lo suficientemente cubierta ante movimientos adversos y quizás habiendo integrado un poco más de capital o de activos líquidos la sociedad podría haber atravesado la coyuntura sin ir a la quiebra. En el caso contrario, tener un exceso de liquidez lleva al banco a tener un problema de costo de oportunidad mermando el crecimiento que éste podría haber tenido si hubiera invertido correctamente sus activos, o estar poco apalancado resulta en una rentabilidad menor para los accionistas que podrían haber invertido ese excedente en otros proyectos.

Los dos riesgos, liquidez y solvencia, se analizan en forma conjunta, ya que todas las fuentes impactan en distinto grado a ambas. Esto provoca que el enfoque no se sesgue únicamente

en observar un punto de vista⁶, sino en lograr una mirada global del problema, porque se entiende que teniendo una dificultad en la liquidez o en la solvencia llevarían a la bancarrota al banco. Asimismo ayuda en la comprensión de la relación que existe entre ambos riesgos, es decir que a veces una empresa puede encontrarse en una situación de baja liquidez y para lograr sobrepasar el problema acude a reducir su solvencia, por ejemplo pidiendo préstamos a tasas de interés muy altas, o también puede suceder que se de el estado opuesto, que haya un problema donde la solvencia se vea amenazada y eso produzca un problema de liquidez, por ejemplo que el banco empiece a tener problemas de solvencia por los créditos que fue otorgando (muchos clientes comienzan a entrar en default), la noticia llega al mercado y comienzan retiros de fondos de personas en la entidad por miedo a que quiebre. Sumado a estos dos inconvenientes se encuentra un tercero que es tener un problema que impacte en liquidez y en solvencia al mismo tiempo con igual magnitud, como por ejemplo una multa de gran envergadura impuesta por la autoridad de aplicación. Por esto es muy importante comprender la relación existente entre ambas, debido a que situaciones que no llevarían a la quiebra pero amenazarían con un nivel bajo de uno de los dos riesgos puede que impacte en el otro acarreado definitivamente a la bancarrota.

6. Modelo estadístico de riesgo integral

Debido a que la cantidad de variables que interaccionan dentro de una entidad financiera son muchas se realizan algunos supuestos con el único propósito de simplificar la exposición del modelo y no perder el concepto entrando en detalles que no hacen al modelo. No obstante, con la calibración que se efectúa en este trabajo se puede incluir todas las alternativas, ya que conceptualmente fueron definidas con anterioridad.

Los procesos internos que se modelan como aleatorios son los siguientes:

- Depósitos a la vista (DV)
- Depósitos a plazo (DP)
- *Banking Book* (BB)
- Intereses activos (IA)
- Intereses pasivos (IP)
- *Write-Offs* (WR)
- Comisiones (Com)
- Gastos de administración (GA)
- Resultados por tenencia (RT)

⁶ A diferencia de los modelos tradicionales que todos se basan en calcular el capital necesario por las fuentes de riesgo y a la liquidez como un riesgo aparte.

A continuación se definen los comportamientos de los procesos, utilizando como notación una X al inicio para todas las variables aleatorias.

La variación porcentual de los DV y los DP se asumen que siguen un proceso estocástico normal:

$$DV_t = DV_{t-1} * (1 + XDV_t) \quad (8)$$

$$XDV_t \sim N(\mu_{DV}, \sigma_{DV}) \quad (9)$$

$$DP_t = DP_{t-1} * (1 + XDP_t) \quad (10)$$

$$XDP_t \sim N(\mu_{DP}, \sigma_{DP}) \quad (11)$$

La variación porcentual del BB sigue un proceso estocástico normal pero condicionado a que, si las Disponibilidades (Di) alcanza un piso de liquidez⁷ aceptable, entonces no puede ser positivo ese valor porcentual. Es decir que si el banco alcanza un límite en cuanto a la liquidez entonces no crece el saldo del BB.

$$BB_t = BB_{t-1} * \left(1 + XBB_t * 1_{D_{i,t-1} - \Delta(P_t + C_t) > A_t * VaR(1\%, 1mes)} + MIN(XBB, 0) \right) * 1_{D_{i,t-1} - \Delta(P_t + C_t) \leq A_t * VaR(1\%, 1mes)} \quad (12)$$

$$XBB_t \sim N(\mu_{BB}, \sigma_{BB}) \quad (13)$$

Siendo XBB el proceso estocástico que define al BB. El 1 es una variable indicadora que toma el valor 1 si la condición descrita en el subíndice se cumple, y 0 en caso contrario. El BB varía porcentualmente pero en el caso de que las Di alcancen o pasen el límite inferior de liquidez (el VaR de la proporción de las Di sobre el activo total) XBB no puede tomar valores mayores a cero.

Las variables que determinan el Resultado Neto de la entidad (IA, IP, WR, Com, GA y RT) dependen de otra variable del período anterior.

⁷ Se estimó el piso de liquidez calculando el VaR (1%, 1 mes) de la proporción de las Di sobre el total del activo.

Los Intereses Activos (IA) cobrados en el período dependen del saldo de préstamos del BB del período anterior y de la tasa aplicada. La variación porcentual de la tasa activa promedio sigue un proceso estocástico normal.

$$IA_t = BB_{t-1} * \left(1 + MIN\left(\frac{IA_{t-1}}{BB_{t-2}} * (1 + XIA_t), 0\right) \right) \quad (14)$$

$$XIA_t \sim N(\mu_{IA}, \sigma_{IA}) \quad (15)$$

Los Intereses Pasivos (IP) pagados dependen de los depósitos a plazo del período anterior. La variación porcentual de la tasa pasiva promedio sigue un proceso estocástico normal.

$$IP_t = DP_{t-1} * \left(1 + MIN\left(\frac{IP_{t-1}}{DP_{t-2}} * (1 + XIP_t), 0\right) \right) \quad (16)$$

$$XIP_t \sim N(\mu_{IP}, \sigma_{IP}) \quad (17)$$

Los *Write-Offs* (WR), las Comisiones (Com) y los Gastos Administrativos (GA) dependen del saldo del BB del período anterior y siguen un proceso estocástico normal acotado al valor 0 (se asume que los defaults no se recuperan, las comisiones cobradas son siempre positivas y que los GA representan siempre egresos de dinero).

$$WR_t = BB_{t-1} * (1 + MAX(XWR_t, 0)) \quad (18)$$

$$XWR_t \sim N(\mu_{WR}, \sigma_{WR}) \quad (19)$$

$$Com_t = BB_{t-1} * (1 + MIN(XCom_t, 0)) \quad (20)$$

$$Com_t \sim N(\mu_{Com}, \sigma_{Com}) \quad (21)$$

$$GA_t = BB_{t-1} * (1 + MAX(XGA_t, 0)) \quad (22)$$

$$GA_t \sim N(\mu_{GA}, \sigma_{GA}) \quad (23)$$

Finalmente, el Resultado por Tenencia (RT) sigue un proceso estocástico normal y depende del TB del período anterior.

$$RT_t = TB_{t-1} * (1 + XRT_t) \quad (24)$$

$$XRT_t \sim N(\mu_{RT}, \sigma_{RT}) \quad (25)$$

Las variables externas elegidas como relevantes para la institución financiera fueron:

- EMAE desestacionalizado
- TC Cobertura (Base Monetaria/Reservas Internacionales)
- BADLAR privada

Se eligieron como variables macroeconómicas el EMAE desestacionalizado, la Badlar Privada y el Tipo de Cambio de Cobertura. La razón para la elección de las mismas es debido a que existe una correlación muy alta entre las tasas de interés que el banco posee, tanto activas como pasivas, con la Badlar, ya que es la tasa de referencia del mercado (y la menos manipulable). El Tipo de Cambio de Cobertura, se calcula como el cociente entre la base monetaria y las reservas internacionales, y debido a que Argentina es un país que recurrentemente tiene crisis provenientes del sector externo y sumado a que el tipo de cambio de referencia es un tipo de cambio flotante administrado (el Banco Central tiene mucha influencia en su valor), es un valor de referencia para una posible crisis. Por último, se eligió el EMAE como indicador del nivel de actividad ya que se publica de manera mensual (a diferencia del PBI, que se publica trimestralmente), lo que facilita el estudio de la correlación con las otras variables. Formalmente, la dinámica de las variables macroeconómicas es:

$$EMAEdes_t = EMAEdes_{t-1} * (1 + XEMAEdes_t) \quad (26)$$

$$XEMAEdes_t \sim N(\mu_{EMAEdes}, \sigma_{EMAEdes}) \quad (27)$$

$$TC_t = TC_{t-1} * (1 + TC_t) \quad (28)$$

$$TC_t \sim N(\mu_{TC}, \sigma_{TC}) \quad (29)$$

$$BADLARPriv_t = BADLARPriv_{t-1} * (1 + BADLARPriv_t) \quad (30)$$

$$BADLARPriv_t \sim N(\mu_{BADLARPriv}, \sigma_{BADLARPriv}) \quad (31)$$

Los valores estimados para los parámetros de todos los procesos estocásticos definidos se encuentran en el Anexo.

A su vez, en este trabajo se utilizan los siguientes supuestos:

- $OA = \overline{OA}$ (Constante)
- $FCP = FLP = 0$
- $OD = \overline{OD}$ (Constante)
- $Div = 0$
- $OR = \overline{OR}$ (Constante)

La evolución de las variables se correlacionan entre sí mediante la utilización de la matriz de *Cholesky* (Dowd, 2005) que se identifica con Σ . El vector columna de distribuciones normales inversas acumuladas Φ^{-1} de números aleatorios (ε) se lo identifica como Z. El vector columna correspondiente a la media de los procesos con μ . X es el vector columna de las variables aleatorias de los procesos detallados anteriormente (DV, DP, BB, EMAEdes, BADLAR, etc.)

$$X_t = \Sigma * Z_t + \mu \quad (32)$$

$$Z_t = \Phi^{-1}(\varepsilon) \quad (33)$$

Lo primero que se determina en el modelo es el movimiento de los pasivos y del resultado (ya que dependen de otra variable en el período anterior). Eso impacta en el BB, ya que si hay una necesidad de liquidez que haga que la proporción de las Di llegue a niveles muy bajos entonces no se crecerá en BB. Una vez determinadas esas variables se procede a calcular la Liquidez del banco que se realiza del siguiente modo:

- Si hay un déficit de Liquidez entonces se van a consumir las Di hasta que llegue a su valor mínimo aceptable (que es determinado por el *VaR* 1%). Una vez que ese valor es alcanzado se prosigue a consumir los AL hasta que los mismos lleguen a cero. Si la necesidad de fondos es tal que el AL llega a cero (ya previamente las Di deberían estar en su valor mínimo aceptable), se continúa con el uso del TB hasta que se agote. Por último si el TB llega a cero se vuelve a utilizar las Di hasta que se alcance el valor cero. Si Di llega a cero, entonces el banco cayó en **Evento de Il liquidez**.
- Si existe un exceso de Liquidez entonces las Di van a crecer hasta que se llegue a su límite superior (el *VaR* 80% de la ponderación de Di sobre el activo total), para luego alimentar a los AL hasta el límite conjunto entre las Di y los AL del *VaR* 80% (de la ponderación de Di + AL sobre el activo total). Por último, si el límite de la ponderación entre Di + AL es alcanzado entonces aumenta el TB.

La lógica detrás de lo descripto con anterioridad es que si hay necesidad de fondos primero se va a consumir las Di hasta un piso (para reservar un colchón de Di), luego los AL, después el TB y por último lo que resta de las Di. Por el contrario, si entran fondos, primero van a Di hasta que se tiene una cantidad satisfactoria para la entidad (*VaR* 80%), luego se pasa a invertir en AL, y si se tiene un exceso en ambos se pasa a comprar títulos, *commodities*, etc. en el TB.

Los límites a la liquidez compuesta por:

$$\frac{Di}{Activo} \quad (34)$$

y por:

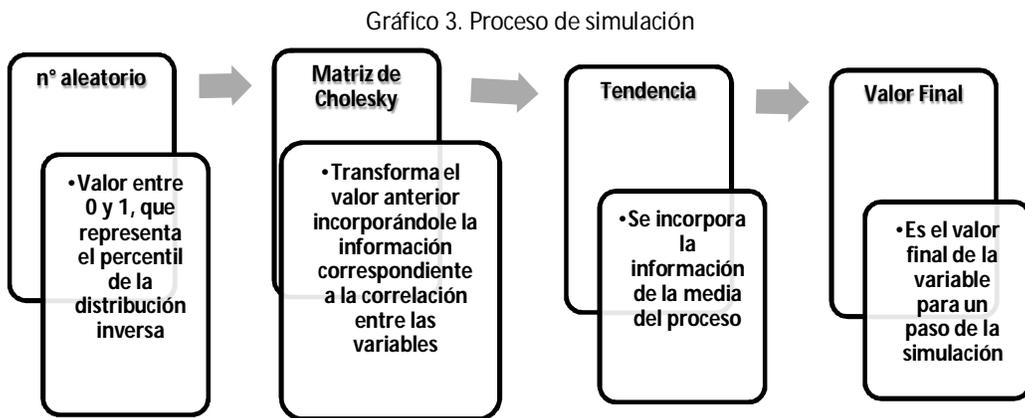
$$\frac{Di + AL}{Activo} \quad (35)$$

del VaR 1% y 80%, fueron establecidos arbitrariamente, y son los que dentro de la gerencia de riesgo de un banco se deberían establecer como aceptables según el apetito al riesgo del directorio. La variación de estos parámetros no resulta menor, ya que tienen un impacto significativo en la liquidez y en la solvencia de la entidad. Asimismo la tendencia de algunas variables que son aleatorias podría ser modificada por la gerencia comercial para reflejar los planes de negocio de la entidad financiera, como por ejemplo la media del BB.

El método elegido permite que todas las variables se muevan en sintonía, es decir que cada proceso está siendo influido por todos los demás y que a su vez influye al resto. Esta característica es de vital importancia, ya que como se mencionó con anterioridad en las instituciones financieras todas las variables presentan movimientos con cierto grado de relación. Asimismo permite capturar las relaciones que tienen las variables internas con las externas y lograr realizar pruebas de estrés observando cómo se comportan las internas ante movimientos negativos en las variables macroeconómicas.

La media de los procesos estocásticos normales se estimó con un modelo de medias móviles (Danielsson, 2011) de parámetro 12, MA(12). Como alternativa, la determinación de las medias de los procesos puede seguir lo establecido en el plan de negocios para que la proyección se encuentre en sintonía con el juicio experto. Por otra parte, para las varianzas y covarianzas se utilizó el modelo EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*, en inglés) (Hull, 2012) con los parámetros de RiskMetrics® (Mina & Yi Xiao, 2001).

Una vez calibrados los parámetros de los procesos estocásticos correlacionados de las variables elegidas, el modelo realiza una convolución por simulación de Montecarlo (Sironi & Resti, 2007). De forma gráfica y simplificada, el proceso de simulación se resume del siguiente modo:



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la realización de pruebas de estrés es importante tener en mente el esquema recién presentado, ya que el modelo presenta la capacidad de inducir movimientos en una o más variables para ver la respuesta que genera en el resto de las mismas. Dichos movimientos, que pueden ser repentinos (en forma de shock) o paulatinos (en forma tendencial), desplazarán a las otras variables consideradas de acuerdo con las características, magnitud del movimiento y la estructura de correlaciones que presentan.

Una modificación en el primer paso (n° aleatorio) representaría el movimiento del proceso en función al *VaR*, es decir que si uno modifica el valor aleatorio a 0,01, por ejemplo, estaría obteniendo como resultado el *VaR* 99% de dicha variable.

Si la alteración se produce en la segunda etapa entonces se modifica la estructura de correlación, esto significa que se modifica la relación de una variable con las otras.

Por último se obtiene el valor final del proceso, el cual se introducirá dentro del modelo integral observando cómo impacta dicho movimiento. Una modificación en este punto solo se podría dar mediante un juicio experto, ya que la alteración producida en la misma deja sin efecto toda la información estadística que se le fue inyectando en los pasos anteriores.

Si bien el modelo integral, definido en el presente trabajo, tiene diversos usos, se puntualizará en el cálculo de la Probabilidad de Ruina. Para lograr la misma se calcula la probabilidad de que la entidad financiera entre en una situación de insolvencia y/o de iliquidez, y también se calcula una tercera probabilidad que funciona como alerta temprana de liquidez a la cual se la denomina liquidez temprana.

Riesgo de solvencia: Posibilidad de que la institución posea patrimonio negativo.

Riesgo de liquidez: Posibilidad de que el banco se quede sin Di, ni AL, ni TB para hacer frente a sus obligaciones.

Riesgo de liquidez temprana: Posibilidad de que la liquidez ($Di+AL+TB$) de la entidad financiera caiga a niveles peligrosos, es decir que sea menor al *VaR* 1% (de la composición de liquidez por sobre el total del activo). El límite impuesto del *VaR* 1% fue determinado arbitrariamente y debería ser fijado por la gerencia de riesgo en concordancia con el apetito al riesgo del directorio. Una alternativa podría ser la posibilidad de que la liquidez caiga por debajo del efectivo mínimo regulatorio.

Para medir el riesgo, se realizaron 10.000 simulaciones de las variables internas de la entidad y macroeconómicas y se observó el impacto producido por movimientos en dichas variables sobre el estado de situación patrimonial de la Entidad Financiera. A su vez, en cada escenario simulado se determinó si se produjo un evento de Insolvencia, Iliquidez y/o Iliquidez Temprana, de acuerdo a las definiciones de más arriba. Una vez realizadas las 10.000 simulaciones de posibles escenarios, se estimaron las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los eventos mencionados, calculando en cuántos escenarios se presentaron inconvenientes. Formalmente,

$$\text{Prob de Evento de Solvencia} = \frac{n^\circ \text{ de escenarios con } PN < 0}{n^\circ \text{ de simulaciones total}} \quad (36)$$

$$\text{Prob de Evento de Liquidez} = \frac{n^\circ \text{ de escenarios con } Di = 0}{n^\circ \text{ de simulaciones total}} \quad (37)$$

$$\text{Prob de Evento de Liquidez Temprana} = \frac{n^\circ \text{ de escenarios con } Di < VaR_{liq} 1\%}{n^\circ \text{ de simulaciones total}} \quad (38)$$

$$\text{Prob de Ruina} = \frac{n^\circ \text{ escenarios con } Di = 0 \text{ y/o } PN < 0}{n^\circ \text{ de simulaciones total}} \quad (39)$$

7. Resultados

El modelo se calibró con el comportamiento típico de un banco mediano del sistema financiero argentino, pudiendo observarse la evolución anual esperada de los saldos en la Tabla 4 del Anexo. Los datos fueron obtenidos de fuentes públicas y privadas; para el caso de la segunda se realizó una transformación matemática para anonimizar la información.

En esta aplicación del modelo se supuso que las fuentes de financiamiento se mantenían aleatorias y que la entidad no podía salir a hacer pases pasivos o tomar préstamos a través de la línea *call money*. Este supuesto se realizó por simplificación para la presentación de los datos, pero no supone un desafío levantarlo ya que lo único que habría que cargar es el límite de financiamiento que se tiene pre aprobado con otras entidades y el momento en el cual el banco saldría a tomarlos. Esta variable de financiamiento y otras definidas en el modelo (como por ejemplo la modificación del piso (*VaR* 1%) y el techo (*VaR* 80%) de la liquidez) impactan significativamente en la probabilidad de ruina. La calibración de estas variables debe quedar a cargo de la gerencia de riesgo o del comité de riesgo ya que impactan transversalmente a toda la empresa.

El proceso de simulación realizado da como resultado las Probabilidades que se muestran en la Tabla 1 para los horizontes temporales señalados.

Tabla 1. Resultados de la simulación

| | 0-12 | 12-24 | 0-24 |
|--------------|-------|-------|-------|
| Solvencia | 0,03% | 1,93% | 1,93% |
| Liquidez | 0,00% | 0,81% | 0,81% |
| Liq Temprana | 1,62% | 6,19% | 7,59% |
| Ruina | 0,03% | 2,18% | 2,18% |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 1 expone los resultados de cada Categoría de Riesgo catalogados por distintos horizontes temporales (en meses).

La aplicación de dicho modelo dio como resultado una baja Probabilidad de Ruina, esto se debe a que la entidad financiera se encuentra muy sólida, tanto en materia de Liquidez como de Solvencia. La Liquidez al comienzo de la simulación, calculada como:

$$\frac{Di + AL + TB}{Activo} \quad (40)$$

era de 36%, mientras que el ratio de Solvencia al inicio, calculado como:

$$\frac{Patrimonio Neto}{Activo} \quad (41)$$

era 20% (los valores se observan en la Tabla 4). Este Ratio de Solvencia es bastante alto si se tiene en cuenta que el valor mínimo impuesto por Basilea I es del 8%. Asimismo, tampoco se observa una alta Probabilidad de Il liquidez Temprana, ya que una gran parte del Activo corresponde a la Cartera de Negociación (TB).

Para el análisis del Capital Económico se debe ir modificando el valor del capital inicial hasta encontrar la probabilidad de Ruina deseada. ¿Qué significa esto? Que en el caso de este ejercicio de simulación, donde se contaba con un capital inicial de \$ 96.181 millones (ver Tabla 4) la Probabilidad de Ruina de 0 a 24 meses es de 2.18%. Si se quiere disminuir este valor los accionistas deben hacer una integración de capital, y si por el contrario se sienten cómodos con una probabilidad de Ruina más alta entonces pueden repartir dividendos.

8. Consideraciones finales

Si bien en el proceso de calibración del modelo se realizaron supuestos, éstos fueron para realizar un ejercicio más simplificado y así lograr una mejor introducción del modelo de riesgo integral. En este apartado se nombran algunas maneras de cómo se puede lograr un modelo más detallado y/o que posea menos supuestos.

Los rubros estilizados en los que se resumió el balance típico de una entidad financiera pueden ser subdivididos en más categorías si así se lo requiere. Una división más precisa sería la de dividir el BB entre distintas características de préstamos, como por ejemplo entre tipo de garantías (hipotecaria, prendaria, etc.), tipo de tasa (tasa fija, variable mensual, variable trimestral, etc.). Esta división beneficiaría el análisis de resultados, ya que se podría proyectar de manera más precisa los intereses activos (IA) y también se puede obtener una mayor exactitud en la fuente de riesgo de crédito, ya que el tener segmentado entre garantías se puede predecir mejor el porcentaje de recupero y la probabilidad de default. Otra división que podría tenerse en cuenta es dividir el BB (y sus posibles subrubros) entre caída de saldo de capital de préstamos ya otorgados, nuevos préstamos y cancelaciones anticipadas. Esto posibilita una proyección más exacta sobre la evolución del BB.

Las variables tratadas como aleatorias se asumieron que seguían un proceso estocástico normal multivariado, pero perfectamente puede elegirse otra forma de proyectarlas. Inclusive pueden utilizarse métodos econométricos tanto para la proyección de variables macroeconómicas como para la estimación de funciones de oferta y demanda para la determinación de la sensibilidad de las cantidades (de préstamos o depósitos) ante variaciones en los precios (tasas de interés). Asimismo se pueden utilizar modelos más avanzados, como los de dependencia no lineal (Cherubini, Luciano, & Vecchiato, *Copula methods in finance*, 2004), que permitan mayor precisión del modelo en situaciones de crisis.

El modelo expuesto en este trabajo presenta una nueva visión, de manera integral, sobre los riesgos que pueden ocasionar problemas financieros a una organización, categorizados en Riesgo de Liquidez y Riesgo de Solvencia; y sobre las fuentes de riesgo que pueden ocasionar dichos problemas (Crédito, Mercado, Operacional, etc.). Este nuevo concepto, que puede ser extendido a cualquier organización, puede ser de gran utilidad para las entidades financieras ya que permite realizar proyecciones, calcular la Probabilidad de Ruina, calcular tasas de interés de equilibrio, realizar pruebas de estrés de manera integral, etc. Asimismo, el modelo permite analizar la sensibilidad de la Probabilidad de Ruina o el Resultado Neto de la entidad, por ejemplo, ante variaciones en las tasas de interés, la mora, las comisiones, los planes de contingencia, etc. Estas características del modelo contribuirían para que las entidades puedan realizar estimaciones más precisas sobre sus riesgos, lo que permitiría en última instancia generar un sistema financiero más sano.

La aplicación de este modelo se podría poner en práctica de forma inmediata, debido a que la normativa vigente para Pruebas de Estrés (BCRA, Com. "A" 5699, 2015) no establece un método estándar para realizarlas; y aunque la norma preestablece algunas variables que se

deben tener en cuenta para las proyecciones a realizar en las Pruebas de Tensión, el presente método recoge dichos requisitos.

Referencias Bibliográficas

Basel Committee on Banking Supervision. (2010). *Basilea III: Marco internacional para la medición, normalización y seguimiento del riesgo de liquidez*.

Basel Committee on Banking Supervision. (2011). *Operational Risk – Supervisory Guidelines for the Advanced Measurement Approaches*. Basilea: BIS.

Basel Committee on Banking Supervision S. (2012). *Principios básicos para una supervisión bancaria eficaz*.

Banco Central de la República Argentina. (2011). *Com. "A" 5203*. Buenos Aires.

Banco Central de la República Argentina. (2013). *Com. "A" 5398*. Buenos Aires.

Banco Central de la República Argentina. (2013). *Com. "A" 5494*. Buenos Aires.

Banco Central de la República Argentina. (2015). *Com. "A" 5699*. Buenos Aires.

Bessis, J. (2002). *Risk management in banking*. Chichester: John Wiley & Sons.

Bluhm, C., Overbeck, L., & Wagner, C. (2003). *An introduction to credit risk modeling*. Chapman & Hall.

Brammertz, W., Akkizidis, I., Breyman, W., Entin, R., & Rustmann, M. (2009). *Unified Financial Analysis: The Missing Links of Finance*. Chichester: John Wiley & Sons.

Brigo, D., Pallavicini, A., & Torresetti, R. (2010). *Credit Models and the Crisis: A Journey into CDOs, Copulas, Correlations and Dynamic Models*. Chichester: John Wiley & Sons.

Cherubini, U., Gobbi, F., Mulinacci, S., & Romagnoli, S. (2012). *Dynamic copula methods in finance*. Chichester: John Wiley & Sons.

Cherubini, U., Luciano, E., & Vecchiato, W. (2004). *Copula methods in finance*. Chichester: John Wiley & Sons.

Chorafas, D. N. (2007). *Stress Testing for Risk Control under Basel II*. Oxford: Elsevier Ltd.

Danielsson, J. (2011). *Financial Risk Forecasting*. Chichester: John Wiley & Sons.

Dowd, K. (2005). *Measuring market risk*. Chichester: John Wiley & Sons.

Franke, J., Hardle, W. K., & Hafner, C. M. (2008). *Statistics of Financial Markets*. Berlin: Springer.

- Gregoriou, G. N. (2009). *Operational risk toward Basel III : best practices and issues in modeling, management, and regulation*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hull, J. C. (2012). *Options, futures and other derivatives*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Inanoglu, H., & Jacobs, M. J. (2009). Models for Risk Aggregation and Sensitivity Analysis: an Application to Bank Economic Capital. *Journal of Risk and Financial Management*.
- Jaworski, P., Durante, F., & Hardle, W. K. (2012). *Copulae in Mathematical and Quantitative Finance*. Berlin: Springer.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Klugman, S. A., Panjer, H. H., & Willmot, G. E. (2008). *Loss models: from data to decisions*. New York: John Wiley & Sons.
- Löffler, G., & Posch, P. N. (2007). *Credit risk modeling using Excel and VBA*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Malz, A. M. (2011). *Financial risk management: models, history, and institution*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Mina, J., & Yi Xiao, J. (2001). *Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard*. New York: RiskMetrics Group.
- Panjer, H. H. (2006). *Operational risk: modeling analytics*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Quagliariello, M. (2009). *Stress-testing the banking system : methodologies and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rachev, S. T., Menn, C., & Fabozzi, F. J. (2005). *Fat-Tailed and Skewed Asset Return Distributions*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Rebonato, R. (2010). *Coherent stress testing: a Bayesian approach*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Sironi, A., & Resti, A. (2007). *Risk management and shareholders' value in banking : from risk measurement models to capital allocation policies*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Trueck, S., & Rachev, S. T. (2009). *Rating based modeling of credit risk*. California: Elsevier Inc.

Anexo – Tabla de valores

En los siguientes cuadros se observa el resultado de la calibración de los parámetros.

Tabla 1. Estimación de las variables

| | EMAE desest | TC Cobertura | Badlar Priv | BB | DV | DP |
|----------|-------------|--------------|-------------|-------|-------|--------|
| μ | -0,01% | 3,30% | 1,22% | 2,71% | 2,72% | 1,81% |
| σ | 0,73% | 6,12% | 8,68% | 5,41% | 5,23% | 17,22% |

Tabla 2. Estimación de las variables

| | IA | IP | WR | Com | GA | RT |
|----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| μ | 0,98% | 4,41% | 0,12% | -0,45% | 1,77% | -1,44% |
| σ | 9,42% | 34,11% | 0,25% | 0,58% | 1,77% | 1,15% |

Tabla 3. Matriz de Covarianzas utilizando el modelo EWMA

| | EMAE desest | TC Cobertura | Badlar Priv | BB | DV | DP |
|--------------|-------------|--------------|-------------|---------|---------|---------|
| EMAE desest | 0,005% | 0,008% | 0,003% | 0,010% | 0,011% | 0,000% |
| TC Cobertura | 0,008% | 0,375% | 0,094% | 0,132% | 0,121% | -0,002% |
| Badlar Priv | 0,003% | 0,094% | 0,753% | 0,073% | 0,063% | -0,277% |
| BB | 0,010% | 0,132% | 0,073% | 0,292% | 0,122% | 0,097% |
| DV | 0,011% | 0,121% | 0,063% | 0,122% | 0,273% | -0,252% |
| DP | 0,000% | -0,002% | -0,277% | 0,097% | -0,252% | 2,964% |
| IA | 0,005% | 0,148% | 0,065% | 0,121% | 0,062% | 0,307% |
| IP | 0,028% | 0,476% | 0,089% | 0,146% | 0,232% | 0,107% |
| WR | 0,001% | 0,004% | 0,002% | 0,003% | 0,001% | 0,003% |
| Com | -0,002% | -0,017% | -0,010% | -0,014% | -0,011% | -0,014% |
| GA | 0,004% | 0,055% | 0,024% | 0,042% | 0,035% | 0,041% |
| RT | -0,002% | -0,034% | -0,004% | -0,023% | -0,023% | -0,016% |

Tabla 3. (Continuación) Matriz de Covarianzas utilizando el modelo EWMA

| | IA | IP | WR | Com | GA | RT |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EMAE desest | 0,005% | 0,028% | 0,001% | -0,002% | 0,004% | -0,002% |
| TC Cobertura | 0,148% | 0,476% | 0,004% | -0,017% | 0,055% | -0,034% |
| Badlar Priv | 0,065% | 0,089% | 0,002% | -0,010% | 0,024% | -0,004% |
| BB | 0,121% | 0,146% | 0,003% | -0,014% | 0,042% | -0,023% |
| DV | 0,062% | 0,232% | 0,001% | -0,011% | 0,035% | -0,023% |
| DP | 0,307% | 0,107% | 0,003% | -0,014% | 0,041% | -0,016% |
| IA | 0,888% | 0,606% | 0,001% | -0,009% | 0,023% | -0,015% |
| IP | 0,606% | 11,632% | 0,011% | -0,033% | 0,088% | -0,060% |
| WR | 0,001% | 0,011% | 0,001% | -0,001% | 0,003% | -0,001% |
| Com | -0,009% | -0,033% | -0,001% | 0,003% | -0,010% | 0,005% |
| GA | 0,023% | 0,088% | 0,003% | -0,010% | 0,031% | -0,016% |
| RT | -0,015% | -0,060% | -0,001% | 0,005% | -0,016% | 0,013% |

Los resultados esperados del balance estilizado se presentan a continuación en la siguiente tabla, en la cual los valores están expresados siguiendo la normativa del BCRA (el activo en positivo y el pasivo y patrimonio neto en valores negativos, por ejemplo en septiembre 2014 el resultado mensual fue una ganancia de 2.769 millones):

Tabla 4. Resultado del balance estilizado

| | Sep-14 | Sep-15 | Sep-16 |
|-------|----------|----------|-----------|
| A | 480.223 | 779.586 | 1.007.488 |
| Di | 87.882 | 158.225 | 204.481 |
| AL | 13.892 | 50.207 | 70.266 |
| TB | 72.488 | 117.514 | 136.835 |
| BB | 293.950 | 401.763 | 544.029 |
| OA | 12.011 | 51.877 | 51.877 |
| P | -384.043 | -614.131 | -790.659 |
| DV | -318.046 | -438.528 | -604.972 |
| DP | -35.400 | -43.456 | -53.540 |
| FCP | - | - | - |
| FLP | - | - | - |
| OD | -30.597 | -132.147 | -132.147 |
| C | -96.181 | -125.590 | -176.964 |
| C t-1 | -93.412 | -122.511 | -171.651 |
| π | -2.769 | -3.079 | -5.313 |
| MIF | -5.550 | 779.586 | 1.007.488 |
| WR | 191 | 158.225 | 204.481 |
| Com | -1.285 | 50.207 | 70.266 |
| GA | 5.131 | 117.514 | 136.835 |
| RT | -1.291 | 401.763 | 544.029 |
| Div | - | 51.877 | 51.877 |
| OR | 36 | -614.131 | -790.659 |

Los valores proyectados que se presentan en esta tabla son la de los valores promedios ya que al ser una simulación hay 10.000 escenarios distintos. Se puede elegir en el caso de un análisis de estrés optar por hacer análisis donde se tome el percentil 90%, 95% o 99%, por ejemplo, para observar cómo se comporta patrimonialmente la entidad financiera ante movimientos desfavorables.