BANCO DE GUATEMALA *
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

MIDIENDO LAS PÉRDIDAS CONTINGENTES DEL SEGURO DE DEPÓSITO GUATEMALTECO: SIMULACIÓN POR EL MÉTODO DE MONTECARLO

Juan Carlos Castañeda F.
Óscar Leonel Herrera V. ⊕

Junio 2009

RESUMEN

Este trabajo presenta una medición de las pérdidas contingentes del fondo de seguro de depósito de Guatemala ("Fondo para la Protección del Ahorro" o FOPA), mediante la aplicación de método de Monte Carlo. El procedimiento aplicado calcula la volatilidad implícita de los retornos de los activos de los bancos guatemaltecos, mediante la aplicación combinada de la denominada "put-call parity condition" y de la fórmula de Black y Scholes para la valuación de opciones. Seguidamente, a partir de las condiciones iniciales históricas de solvencia de los bancos, se simula la evolución del retorno y del activo de cada banco, de manera que la evolución simulada de este último permita compararlo con su valor crítico (equivalente al valor del activo que deja al banco sin capital y que, consiguientemente, activa los procesos de suspensión definitiva del banco afectado y de pago de los depósitos asegurados por parte del FOPA). Finalmente, con los valores simulados del activo, se calcularon las pérdidas contingentes esperadas del FOPA.

Códigos JEL: G21, G22, G33, G38

---

* El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de sus autores y no necesariamente representa el punto de vista institucional del Banco de Guatemala.

⊕ Los autores agradecen a Juan Carlos Catalán Herrera y Juan Carlos Arriaza Herrera, sus valiosos comentarios y aportes a este documento; ellos, sin embargo, no son responsables por el contenido de este documento.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, la función de seguro de depósitos está contemplada en la Ley de Bancos y Grupos Financieros, con la creación del Fondo para la Protección del Ahorro –FOPA–. Las disposiciones reglamentarias de dicho Fondo fueron aprobadas por la autoridad monetaria el 1 de junio de 2002 y modificadas el 10 de mayo de 2006. Este marco legal establece que el FOPA tiene como objeto garantizar al depositante en el sistema bancario la recuperación de sus depósitos hasta por un monto de Q20,000.00 (equivalente a US$2,450.00) por persona individual o jurídica, además, los recursos del FOPA son administrados por el Banco de Guatemala, de acuerdo a lo establecido por la citada ley.

Con base en la historia reciente, Guatemala experimentó el cierre de operaciones de dos bancos, uno de ellos el cuarto del sistema. La participación del FOPA, como resultado de tales eventos, no superó lo legalmente establecido, debido principalmente a la creación de un fideicomiso encargado de la venta de los activos de los bancos excluidos al momento de su intervención. Gracias a la venta, por parte del fideicomiso, de certificados de participación emitidos contra dichos activos, se cubrió el monto total de depósitos que los bancos intervenidos registraban en sus balances respectivos.

No obstante haber cubierto la totalidad de los depósitos, de acuerdo con la constitución del fideicomiso, el FOPA no contaba con los recursos suficientes para hacer frente al límite legal de cobertura en ambos eventos registrados.

En ese sentido, el principal objetivo de este trabajo es el de estimar las pérdidas contingentes del FOPA, ante un evento como el del pasado reciente. El cálculo aquí planteado se basa en la estimación de una cierta volatilidad del activo de cada uno de los bancos, con el fin de medir su riesgo de mercado de acuerdo con un enfoque que parte del cálculo del precio de opciones de venta (*"put options"*), así como del cálculo de una cierta probabilidad de quiebra de cada uno de los bancos basada en la trayectoria simulada del retorno del activo bancario bajo el supuesto de normalidad en la distribución del mismo.

Con el propósito que persigue el presente trabajo, se utilizó una solución alternativa para medir el precio de una opción de venta definida sobre el activo de un banco, solución que fue planteada por Castañeda y Herrera (2004). Para el cálculo del precio de una opción, esta solución se basa en la aplicación de la condición de paridad de las opciones de venta y de compra, denominada en la literatura como: “Put-call Parity Condition”, y tiene la virtud de requerir únicamente información acerca de los pasivos y de las tasas de interés de mercado, información que suele ser pública y de mejor calidad que la relativa a los activos, a los patrimonios y a los ingresos bancarios. Todo ello, con el propósito de calcular la volatilidad del activo del banco de una manera implícita.

Por último, con base en el promedio y la volatilidad de los retornos, se simularon estos últimos por el método de Montecarlo con el propósito de encontrar los valores del activo bancario congruentes con los valores “críticos” del retorno de cada trayectoria, valores que resultan cuando el valor del activo iguala el valor del pasivo, situación que hace que el banco caiga en default.

La organización del trabajo se plantea de la manera siguiente: la primera parte expone la naturaleza del FOPA; la segunda parte describe la metodología empleada y en el tercer apartado se presentan los resultados del trabajo. Por último, se presentan las conclusiones.

I. NATURALEZA DEL FOPA

1.1. Función del FOPA

En Guatemala, la función de seguro de depósito está contemplada en la Ley de Bancos y Grupos Financieros, con la creación del Fondo para la Protección del Ahorro –FOPA-. Las disposiciones reglamentarias de dicho Fondo fueron aprobadas por la Junta Monetaria el 1 de junio de 2002 y modificadas el 10 de mayo de 2006.

El FOPA tiene como objeto garantizar al depositante la recuperación de sus depósitos hasta por un monto de Q20,000.00 (equivalente a US$2,570.2)[1] por persona individual o jurídica.

Los recursos del FOPA son administrados por el Banco de Guatemala, de acuerdo a lo establecido por la citada ley.

1.2. Fuentes de Financiamiento

Conforme lo previsto en el artículo 86 de la Ley de Bancos y Grupos Financieros, las fuentes de financiamiento del FOPA son las siguientes:

- Las cuotas que obligatoriamente deben aportar los bancos nacionales y sucursales de bancos extranjeros;
- Los rendimientos de las inversiones de sus recursos, multas e intereses;
- Los recursos en efectivo que se obtengan en virtud del proceso de liquidación del banco de que se trate, con motivo de la subrogación de derechos;
- Los recursos en efectivo que se obtengan de la venta de los activos que le hubieren sido adjudicados al FOPA, en virtud del proceso de liquidación del banco de que se trate;
- Los aportes del Estado para cubrir deficiencias del FOPA o para ampliar su cobertura; y,
- Otras fuentes que incrementen sus recursos.

[1] Al tipo de cambio registrado el 31 de diciembre de 2008 (Q7.78159 = US$1)

1.3. Mecanismos para hacer efectiva la cobertura

De acuerdo con la Ley de Bancos y Grupos Financieros, una vez que la Junta Monetaria resuelva suspender las operaciones de una institución bancaria, procede a nombrar una junta denominada Junta de Exclusión de Activos y Pasivos, como un cuerpo colegiado conformado por tres miembros. Dicha Junta de Exclusión tiene dentro de sus atribuciones la de requerir al FOPA el pago de la cobertura de depósitos, en cualquiera de los términos siguientes: a) realizando aportes al fideicomiso a constituirse para la exclusión de activos de la entidad bancaria de que se trate, aun sin contraprestación; b) comprando a valor facial los certificados de participación en dicho fideicomiso; o, c) efectuando pagos directamente a los depositantes del banco de que se trate. Cabe indicar que en ningún caso el total de las erogaciones que efectúe el FOPA podrá superar el monto de los depósitos cubiertos por la garantía.

Conviene mencionar que el fideicomiso al que se ha hecho referencia, debe constituirse en una entidad propuesta por el ente supervisor del sistema bancario, entidad que tiene como propósito administrar los activos que se excluyan del balance de la entidad suspendida. Dichos activos deben tomarse de acuerdo a normas contables, a su valor en libros, neto de provisiones, reservas y ajustes.

Los recursos que se obtengan de la realización de los activos mencionados en el párrafo anterior, deben utilizarse, en primera instancia, para amortizar los certificados de participación que emita el fideicomiso constituido para la exclusión de activos, a la orden de las instituciones bancarias que reciban los pasivos laborales y las obligaciones depositarias que se excluyan del balance de la entidad suspendida y, en segunda instancia, para reintegrar al FOPA el monto aportado al fideicomiso; si existiera algún remanente debe trasladarse a la liquidación judicial.

1.4. Historia reciente del FOPA

En octubre de 2006, la autoridad monetaria del país resolvió suspender las operaciones del cuarto banco más grande del sistema, conforme lo dispuesto en la legislación vigente. A la fecha de la suspensión de operaciones, dicho banco registraba depósitos en moneda nacional y extranjera que ascendían al equivalente en US$ de 888.4 millones[2], para lo cual la Junta de Exclusión de Activos y Pasivos solicitó al Banco de Guatemala, como administrador de los recursos del FOPA, realizar un aporte al fideicomiso que se constituyó para excluir los activos de dicha institución bancaria, por un monto de US$209.8 millones, con el propósito de hacer efectiva dicha cobertura

Posteriormente, En de enero de 2007, resolvió suspender las operaciones de otro banco menos importante del sistema bancario. A la fecha de la suspensión de operaciones, tal banco registraba depósitos en moneda nacional y extranjera que ascendían a US$124.0 millones.[3]

Asumiendo las dos intervenciones como un solo evento (por su cercanía en el tiempo), la obligación del FOPA por el límite legal establecido, ascendió a Q2,524.5 millones (equivalente a US$332.34 millones)[4], de los cuales Q2,150.0 millones (US$283.00 millones) corresponden al primer banco intervenido y Q374.5 millones (US$49.4 millones) al segundo banco intervenido. De los Q2,524.5 millones, el FOPA cubrió el 77.6%, el resto del límite legal sumado al pago del monto no cubierto de los depósitos, fue solventado a través de la venta de Certificados de Participación por parte del fideicomiso constituido para tal fin.

[2] El tipo de cambio utilizado corresponde al promedio de octubre de 2006 (Q7.62753839 = US$1)
[3] El tipo de cambio utilizado corresponde al promedio de enero de 2007 (Q7.67416129 = US$1).
[4] El tipo de cambio utilizado corresponde al registrado al 31 de diciembre de 2006 (Q7.59615 = US$1)

II. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS CONTINGENTES DEL FOPA

2.1 Enfoque de la put-call parity condition

La aplicación directa de la fórmula de Black & Scholes (1973) o de la de Merton (1977) para encontrar el precio de la opción de venta y, consiguientemente, la pérdida contingente de un seguro de depósito, tiene la desventaja de que requiere del conocimiento de la volatilidad del activo subyacente (activo del banco), porque dicha volatilidad requiere tener acceso a series históricas de los precios de dichos activos, los que, por lo general, no se comercian en los mercados, y consecuentemente sus precios no pueden ser directamente observables, de manera que los precios de los activos bancarios suelen inferirse a partir los datos contables.

Por su parte, la metodología de Ronn y Verma (1989), infiere la volatilidad de tales activos a partir del comportamiento de los precios de las acciones de los bancos respectivos. Esta solución es ingeniosa, pero no aplicable a países cuyos mercados de capitales son poco desarrollados y, por tanto, en ellos no se comercian activamente las acciones de los bancos. Este es, por cierto, el caso de Guatemala.

El cálculo del valor de la opción de venta planteado en este apartado, surge como una solución alternativa planteada por Castañeda y Herrera (2004). Esta solución se basa en la aplicación de la condición de paridad de las opciones de venta y de compra (*put-call parity condition*) y tiene la virtud de que sólo requiere información contable acerca de los pasivos y las tasas de interés de mercado, información que suele ser pública y de mejor calidad que la información contable relativa a los activos, a los patrimonios y a los ingresos bancarios.

Para determinar el precio de la opción de venta, Castañeda y Herrera (2004) proponen una aplicación de la denominada *put-call parity condition.* De acuerdo con esta condición de paridad, el precio de un cierto activo, los precios de dos opciones europeas (una opción de compra y una opción de venta, ambas definidas con respecto al referido activo como activo subyacente y con un mismo precio de ejercicio) y el precio de un bono sin riesgo (cuyo valor facial es igual al precio de ejercicio de las opciones de compra y de venta mencionadas) están directamente relacionados por la siguiente ecuación:

$$B = A + p - c \qquad (2.1)$$

donde,

B = precio del bono sin riesgo.

A = precio del activo subyacente.

p = precio de la opción de venta.

c = precio de la opción de compra.

La relación de paridad indicada se fundamenta en el hecho de que el patrón de pagos generado por el portafolio de activos representado por el lado derecho de la ecuación (2.1) es idéntico al patrón de pagos generado por el bono sin riesgo. Por condición de no-arbitraje en los mercados financieros, dos portafolios que generan idéntico patrón de pagos deben tener idéntico precio. Por tanto, el precio del portafolio representado por el lado derecho de (2.1) debe ser idéntico al precio del bono sin riesgo.[5]

A partir de la condición de paridad (2.1) puede hallarse el valor de la opción de venta en cuestión:

$$p = B - A + c \qquad (2.2)$$

En este contexto, p es el valor de la opción de venta cuyo activo subyacente es el activo del banco y cuyo precio de ejercicio es igual al valor facial del pasivo del banco, B representa un bono sin riesgo cuyo valor facial es igual al valor facial del pasivo del banco, A es el valor del activo del banco y c es el valor de una opción de compra cuyo activo subyacente es el activo del banco y cuyo precio de ejercicio es igual al valor facial del pasivo del banco. Para determinar el valor de la opción de venta en cuestión, se necesita hallar contrapartes empíricas para los términos del lado derecho de la ecuación (2.2).

[5] Véase Grinblatt y Titman (1998) pp. 278 – 287 y Knoll (2002).

En el caso del bono sin riesgo, B, la contraparte empírica podría estar constituida por algún título público de corto plazo que se cotice regularmente en el mercado. En cambio, en el caso del activo bancario y de la opción de compra, no hay contrapartes empíricas directamente observables, pues no hay mercados para tales instrumentos financieros. Sin embargo, el valor de la opción de compra, c, puede interpretarse como el valor del patrimonio del banco, puesto que el patrimonio de cualquier sociedad anónima puede siempre interpretarse como una opción de compra cuyo activo subyacente es el activo de la sociedad anónima y cuyo precio de ejercicio es el valor facial del pasivo de dicha sociedad.[6] Con esta interpretación, el valor de mercado del pasivo (depósitos) del banco es igual, por identidad contable, a la diferencia entre el valor de su activo y el valor de la opción de compra en cuestión:

$$D = A - c \qquad (2.3)$$

Donde,

D = el valor de mercado del pasivo del banco.

Sustituyendo (2.3) en (2.2), obtenemos:

$$p = B - D \qquad (2.4)$$

De manera que podemos conocer el precio de la opción de venta que buscamos si conocemos el precio del bono sin riesgo y el valor del pasivo del banco. El precio de mercado del bono sin riesgo puede determinarse descontando el valor del pasivo del banco, utilizando como tasa de descuento la tasa de interés que pagan determinados títulos públicos carentes de riesgo. Por su parte, el valor de mercado del pasivo del banco puede determinarse descontando el valor del mismo, utilizando como tasa de descuento la tasa de interés de operaciones de reporto en el mercado interbancario.

Las variables de la ecuación (2.4) se normalizaron, dividiéndolas entre el valor de mercado del pasivo del banco (D). La normalización es necesaria para

---

[6] Esto se debe a la característica de responsabilidad limitada inherente a las acciones emitidas por una sociedad anónima. Véase Grinblatt y Titman (1998, p. 285 y 286).

interpretar que los cambios observados en los valores normalizados del activo y del patrimonio del banco se derivan de cambios en su nivel de riesgo y son independientes del volumen de sus operaciones.

- Valor de mercado normalizado del bono libre de riesgo (*Bn*):

$$Bn = \frac{D}{D(1+t_{lm})} = \frac{1}{(1+t_{lm})} \qquad (2.5)$$

donde: t_{lm} = tasa líder mensual de política monetaria a 7 días plazo

- Valor Normalizado del Activo Bancario (S): es el valor de mercado del portafolio de activos bancarios (A) dividido sobre el total de pasivos (D):

$$S = \frac{A}{D} \qquad (2.6)$$

- Valor de Mercado normalizado del pasivo del banco (Dn):

$$Dn = \frac{D}{D(1+t_{rm})} = \frac{1}{(1+t_{rm})} \qquad (2.7)$$

donde: t_{rm} = tasa promedio ponderada de operaciones de reporto en el mercado interbancario.

- Valor Normalizado de la Opción de Venta (*Pn*): de la ecuación (2.4), se obtiene la diferencia entre (2.5) y (2.7):

$$Pn = Bn - Dn = \frac{1}{(1+t_{lm})} - \frac{1}{(1+t_{rm})} \qquad (2.8)$$

2.2 *Enfoque para la estimación de la distribución de pérdidas contingentes del FOPA*

La estimación propuesta en el presente trabajo de la prima agregada que un seguro de depósito debiese tener como contingencia (pérdida contingente) cuyos depósitos asegurados por el límite legal son los del sistema bancario guatemalteco como un todo, debiese ser la suma agregada de la porción de la pérdida de cada uno de los bancos afectada por su respectiva probabilidad. Par el efecto, se simuló el retorno del activo normalizado para cada uno de los bancos por el método de Montecarlo, tomando en cuenta la volatilidad implícita, calculada con base en la fórmula de Black y Scholes, que entre otros insumos requeridos incluye el precio de la *put option* calculado por el método de la *put call parity condition*.

Para simular el retorno del activo se utilizaron: el valor inicial del mismo, constituido por el promedio del retorno del período histórico utilizado, la volatilidad implícita y un valor alfa encontrado a partir de la estimación del retorno por medio de un modelo GARCH(r,m,p,q), para cada uno de los bancos. Tales variables fueron calculadas a partir de un período igual al del cálculo de la *put option* (48 meses).

A partir de los retornos del activo simulados, resultan de manera implícita los valores simulados del activo normalizado, los cuales fueron comparados con la unidad, lo cual permite discriminar aquellos valores del activo que caen por debajo de la unidad, interpretando para esa simulación en particular que el banco cayó en default, debido a que el valor del pasivo supera al valor del activo mas el capital.

Por cada una de las trayectorias y para cada uno de los períodos del horizonte (T)[7], se calcularon probabilidades independientes de default (θ) con base en los valores "z" de la normal, donde la variable aleatoria es el retorno crítico,[8] la media es el valor del retorno observado en cada período[9] y la desviación estándar

[7] El horizonte utilizado en el proceso de simulación de Montecarlo es el horizonte máximo que hace que el valor del pasivo contingente de cada trayectoria converja a su nivel de equilibrio, para una trayectoria en particular a lo largo de la cual el banco sobrevive durante todo el horizonte.

[8] El Retorno crítico es aquel que hace que el valor del activo sea igual al valor del pasivo del banco.

[9] Se escoge esta media debido a que la media cambia período a periodo ya que es sensible al valor de la opción de venta en cada uno de los períodos t.

representada por el promedio de la volatilidad implícita. La probabilidad de supervivencia del banco resulta de la diferencia (1- θ).

Con base en lo anterior, el valor esperado a una fecha específica (momento cero) de las pérdidas contingentes del FOPA, para cada una de las trayectorias con un horizonte T,[10] está dado por la siguiente ecuación:

$$E_0(PCF_1) = \alpha\{[\textstyle\sum_{t=0}^{T-1} \theta_t + \sum_{t=0}^{T-1}(\delta_t)\theta_{t+1} + \sum_{t=0}^{T-1}(\delta_t)(\delta_{t+1})\, \theta_{t+2}] + [\prod_{t=0}^{T-2}(\delta_t)]\theta_{T-1}\} \qquad (2.9)$$

donde,

$E_0(PCF_1)$ = Valor esperado en el momento cero de las pérdidas contingentes del FOPA en el período 1.

θ = Probabilidad de default.

δ = 1 – θ (probabilidad de supervivencia).

α = constante que identifica a la proporción que resulta de la relación entre el límite legal del FOPA y el pasivo total, para un banco en particular, en el momento t = 0.

La ecuación (2.9) resulta de:

$$E_0(PCF_1) = E_0(PCF_1) + E_1(PCF_2) + \ldots + E_t(PCF_{t+1}) \qquad (2.10)$$

y de:

$$E_0(PCF_1) = [(\theta_0)(\alpha) + (1-\propto)E_1(PCF_2)] + [(\theta_1)(\alpha) + (1-\propto)E_2(PCF_3)] + \ldots + [(\theta_t)(\alpha) + (1-\propto)E_{t+1}(PCF_{t+2})] \qquad (2.11)$$

E_t corresponde al valor esperado en el período t, período en el cual para una determinada trayectoria el banco quiebra o el contador se interrumpe porque la trayectoria alcanzo el horizonte máximo (período en el cual el valor numérico de (2.10) es marginal).

Asumiendo una tasa de descuento igual a la tasa de crecimiento del valor facial de α, ambas tasas se cancelan, es por eso que no se incluyen en las ecuaciones (2.9), (2.10) y (2.11).

[10]Una trayectoria en particular puede no alcanzar el horizonte máximo T, debido a que se interrumpe en t, siendo t el período en el cual el banco cae en dafault.

De la ecuación (2.9) se toma el promedio de todas las trayectorias (número de simulaciones):

$$\overline{PCFn} = \frac{\sum_{p=1}^{P}[E_0(PCF_1)]_p}{P} \tag{2.11}$$

donde,

$\overline{PCFn}$ = valor esperado promedio de las pérdidas contingentes para todas las trayectorias simuladas.

P = Número de trayectorias

Por último, para obtener el valor esperado en quetzales de las pérdidas contingentes equivalente a un banco en particular, es necesario desnormalizar $\overline{PCFn}$ por el monto en miles de quetzales del pasivo total a la fecha del cálculo del valor esperado de las pérdidas contingentes.

III. RESULTADOS

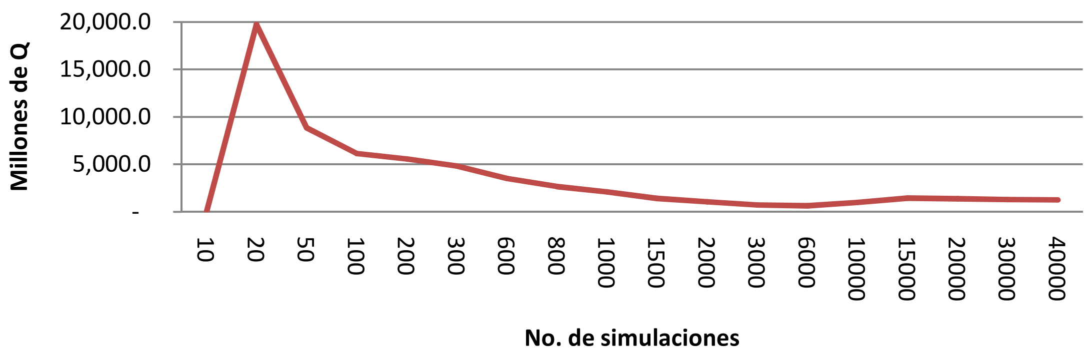
En algunos países, empresas especializadas como Standar & Poor's y Moody's, han calculado la probabilidad de quiebra para algunos sistemas bancarios y por consiguiente las pérdidas esperadas con base en dichas probabilidades. Para el caso de Guatemala, previo a la elaboración del presente trabajo, no se habían efectuado ejercicios tendientes a calcular tales pérdidas.

Con base en la metodología planteada en los capítulos anteriores, los resultados acerca de las pérdidas contingentes del FOPA (PCF's), se presentan a continuación.

3.1 Análisis de las simulaciones

Al aplicar simulaciones por el método de Montecarlo, las pérdidas contingentes esperadas encuentran un valor de convergencia a partir de quince mil simulaciones, aunque con leves discrepancias, para el caso de algunos bancos. Con el fin de agotar el método de grandes números (según Montecarlo) se realizaron hasta cuarenta mil simulaciones para cada uno de los bancos. Se calculó un promedio móvil a partir de quince mil simulaciones, con el fin de converger a un valor promedio. Tomando como referencia a uno de los bancos de la muestra, la siguiente figura ilustra una trayectoria de equilibrio a partir de quince mil simulaciones.

Figura No. 3.1
Pérdida Contingente Esperada del FOPA por el Banco X1

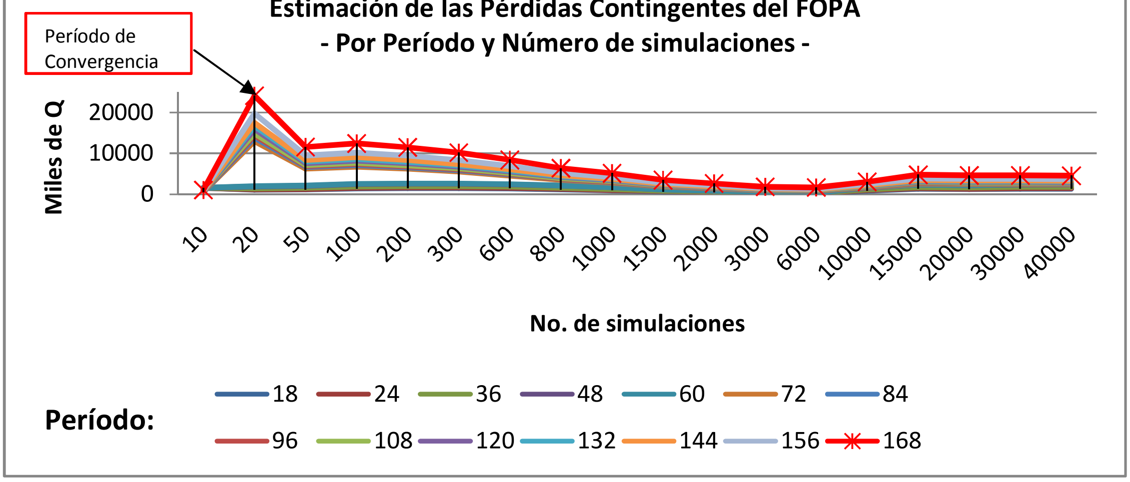


Como se observa, es de esperar que para un número menor de simulaciones las discrepancias entre los valores de las PCF's simuladas sean importantes, sin embargo, en la medida en que crece el número de simulaciones (congruente con el método de Montecarlo) el valor de las PCF's se acerca a su nivel de equilibrio.

3.2 Análisis del período simulado

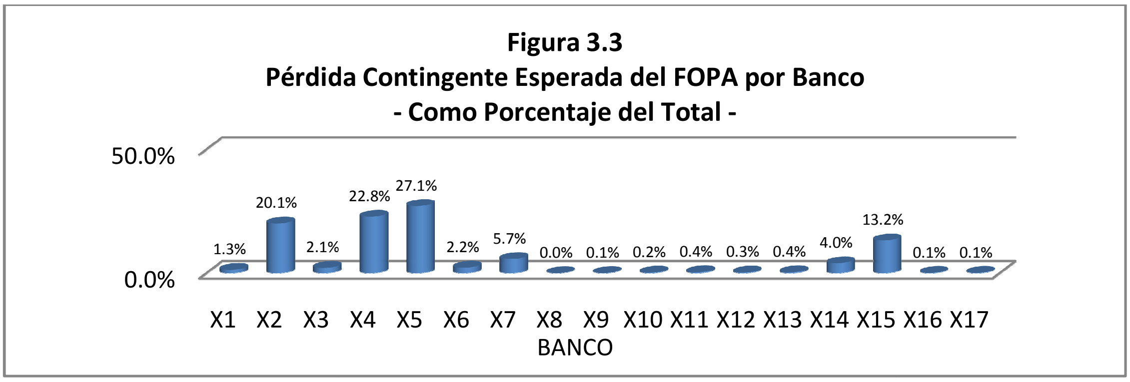
Con el objetivo de encontrar el período de convergencia para cada una de las trayectorias, se efectuaron simulaciones a partir de 18 meses, logrando determinar que el horizonte máximo (período máximo de convergencia) se ubicó en 168 meses, tal y como se observa en la figura siguiente:

Figura No. 3.2
Estimación de las Pérdidas Contingentes del FOPA
- Por Período y Número de simulaciones -



De acuerdo con la distribución de las trayectorias simuladas para el período de convergencia (ver Figura anterior), las pérdidas contingentes esperadas totales para el sistema bancario guatemalteco a diciembre de 2008, alcanzaron un monto de Q. 4,521.3 millones de quetzales ($595.2 millones, al tipo de cambio registrado a diciembre de 2008). Tales pérdidas representan el 3.9% y 4.6% del total del pasivo y del total de depósitos a esa misma fecha, respectivamente.

Por su parte, la participación de cada uno de los bancos, en el cálculo de las PCF's, se puede inferir a partir de la Figura 3.3:



A partir de la figura anterior, puede observarse que las proporciones más importantes dentro del total de las PCF's son las correspondientes a los bancos X2, X4, X5 y X15, que en conjunto sumaron el 83.2%, porcentaje influido no solo por su tamaño proporcional dentro del sistema sino también por la volatilidad del activo de cada uno de los bancos, calculada a partir de la metodología empleada en el presente trabajo. De esa manera, un buen número de bancos pequeños y/o con volatilidad muy baja, no llegaron a representar individualmente ni el 0.5% del total de PCF's. Un elemento adicional a considerar respecto a las PCF's esperadas de cada uno de los bancos, es el de la probabilidad de quiebra, muy relacionada con los valores simulados del activo, que por construcción estos valores están fuertemente influenciados por la volatilidad.

Con respecto a la dimensión de las pérdidas, si tomamos a las intervenciones bancarias del pasado reciente como un solo evento (por su cercanía en el tiempo), las pérdidas contingentes esperadas constituyen aproximadamente 1.8 veces el límite legal que enfrentó el FOPA entre los eventos registrados en octubre de 2006 y diciembre de 2007.

IV. CONCLUSIONES

A raíz de la metodología planteada en el presente trabajo, congruente con la evolución histórica de cada uno de los bancos y con los argumentos de mercado planteados para su estimación, las pérdidas contingentes esperadas del FOPA permiten inferir que el monto calculado es bastante razonable con base en la experiencia reciente de las intervenciones bancarias en Guatemala (1.8 veces el límite legal registrado en las intervenciones de octubre de 2006 y enero de 2007).

La metodología propuesta pretendió capturar el nivel de riesgo de los bancos, como resultado de observar la volatilidad de los activos bancarios, para lo cual, tanto los valores de las opciones de venta como los de las volatilidades del activo, reflejan en buena medida el riesgo de mercado de los bancos, lo que no hubiese sido posible tomado únicamente la volatilidad como resultado de los valores del activo que registran los balances de los bancos.

Si bien el aporte del FOPA cubrió en su totalidad las contingencias presentadas por los bancos intervenidos en octubre de 2006 y enero de 2007, tales aportes no se hubieran podido cubrir sin los recursos externos al seguro de depósito, a los que se recurrió en las fechas antes indicadas. Lo anterior permite inferir que el FOPA debe contar con los recursos suficientes para enfrentar una contingencia como la del pasado reciente.

La metodología utilizada puede constituir un valioso ajuste, sin embargo, es necesario obtener información más aproximada respecto a los verdaderos niveles de la tasa de interés de reporto a la que cada uno de los bancos se financian en el margen, en vez de la tasa promedio ponderada de las operaciones de reporto del sistema, con el fin de establecer un nivel de riesgo más aproximado. Tales datos podrán obtenerse en la medida en que transcurra el tiempo, ya que la información histórica sobre las tasas de interés de reporto por banco, es muy corta.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son, al mismo tiempo, prometedores y preliminares. Además, son consistentes con la evidencia del sistema bancario, sin embargo, habrá que seguir profundizando con la intención de encontrar las mejores estimaciones.

ANEXO

CODIGO UTILIZADO EN MATLAB PARA EL CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS CONTINGENTES ESPERADAS DEL SISTEMA BANCARIA POR BANCO

```
clear global
clear all
clc
%CÁLCULO PARA EL BANCO X2

%Parámetros:

nPaths = 40000;  % Define the number of realizations.
horizon = 168;
%Coeficiente "c" que resulta del corrimiento del modelo garch
alfa =  6.0015e-005;

%I)  CÁLCULO DE LA PUT LARGA NORMALIZADA

 %A = VALOR EN LIBROS DEL ACTIVO DEL BANCO
AX1 = xlsread('Base de DatosRed09.xls', 'Activo', 'C6:C29');

%PT = PASIVO TOTAL
PTX1 = xlsread('Base de DatosRed09.xls', 'Pasivo', 'C6:C29');

%DLF = DEPÓSITOS LÍMITE FOPA A DICIEMBRE DE 2007
DLFX1 = xlsread('Base de DatosRed09.xls', 'FOPA DIC07', 'D6');

%Tasa libre de riesgo
Tlider_Mens = xlsread('Base de DatosRed09.xls', 'TASA LIDER MENS', 'B3:B26');
Tlider_Anual = xlsread('Base de DatosRed09.xls', 'TASA LIDER MENS', 'C3:C26');

%TASAS PROMEDIO MENSUALES DE OPERACIONES DE REPORTOS EN LAS BOLSAS DE
%VALORES DEL PAÍS (MÁXIMA Y PROMEDIO PONDERADA)
IIRpond = xlsread('Base de DatosRed09.xls', 'REPOS BOLSAS', 'E3:E26');

n2 = length(AX15);
n3 = length(PTX15);
n4 = length(Tlider_Mens);
n5 = length(Tlider_Anual);
n6 = length(IIRpond);


                    %  I.1) CÁLCULO DE LA VOLATILIDAD IMPLÍCITA

  % AN = VALOR NORMALIZADO DEL ACTIVO DEL BANCO
ANX15 = (AX15./PTX15);
n8 = length(ANX15);

ANX15_B = ANX15(91:138);
n8_B = length(ANX15_B);

 %CÁLCULO DE LA PUT NORMALIZADA:

  %B = Valor de mercado y normalizado del bono sin riesgo
BX15 = (1)./(1+Tlider_Mens);
n9 = length(BX15);

%P = Valor de mercado y normalizado del PASIVO usando tasa promedio
%ponderada de las operaciones de reporto en las bolsas de valores
PX15 = ((1)./(1+IIRpond));
n10 = length(PX15);


    %CÁLCULO DE LA PUT NORMALIZADA USANDO TASA PROMEDIO PONDERADA DE OPERACIONES
    %DE REPORTO EN LAS BOLSAS DE VALORES (pX1):
```

```
pX15 = BX15 - PX15;
n12 = length(pX15);


   %PRECIO DE EJERCICIO PARA EL CÁLCULO DE LA VOLATILIDAD IMPLÍCITA:
pejX15 = ones (48,1);

%TIEMPO DE VENCIMIENTO DE LA PUT (1 MES):
TT = (1/12);


%CÁLCULO DE LA VOLATILAIDAD IMPLÍCITA DEL ACTIVO BANCARIO, HABIENDO
%OBTENIDO pX1:


%volatilidad implícita:
VIX15 = blsimpv(ANX15_B, pejX15, Tlider_Anual, TT, pX15, 10, 0, [], false);

%Promedio de la Volatilidad Implícita con pX1:
MX15 = mean(VIX15);


  %  I.2) SIMULACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL ACTIVO

            %Estimating the Garch Model:

%PASO 1)
%Retorno del activo normalizado
Ret_ANX15 = price2ret(ANX15);

%PASO 2)
%Create a specification structure for an ARMA(R,M)/GJR(P,Q) model with
%conditionally t-distributed residuals:
spec = garchset('VarianceModel','GJR','R',1,'M',1,'P',1,'Q',1);
spec = garchset(spec,'Display','off','Distribution','T');

%PASO 3)
%Estimate the parameters of the mean and conditional variance models via garchfit. Make sure
that the example
%returns the estimated residuals and conditional standard deviations inferred
%from the optimization process so that they can be used as presample data.

n13 = length(Ret_ANX15);

%eFit = zeros(1,n13);
%sFit = zeros(1,n13);

[coeff,errors,LLF,eFit,sFit] = garchfit(spec,Ret_ANX15);
%inferred residuals (eFit)
%standard deviations (sFit), alternativamente la volatilidad implícita VIX3

garchdisp(coeff,errors)

%acorto la serie eFit=eFit_d (eFit diminished) para que quede de la misma dimensión que la
%volatilidad implícita que viene del cálculo de la Put (VIX3)

%eFit_d = eFit;
%eFit_d(1:104) = [];

%sFit_d = sFit;
%sFit_d(1:104) = [];

%Ret_ANX15_d = Ret_ANX15(104:151);

%SIMULACIÓN DEL RETORNO:

%The following code simulates certain number of paths (i.e., columns). As a result,
%each time-series output that garchsim returns is an array
%of size horizon-by-nPaths, (i.e. 30-by-20000).
%Although more realizations (e.g., 100000) provide more accurate simulation
%results, you may want to decrease the number of paths (e.g., to 10000) to
```

```
%avoid memory limitations.

%Este loop simula el retorno utilizando los valores de alfa y el promedio
%de la volatilidad implícita (MX1)

PROM_RSX15 = mean(Ret_ANX15);
R_INICIAL = PROM_RSX15;
epsilon = zeros(horizon,1);
for i=1:nPaths
    randn('state',i);
    rand('twister',i);
    S = randn(horizon,1)*MX15;
    epsilont = epsilon + S;
    epsilont = epsilont+alfa;
    for j = 1:horizon
        M_R_SIM_X15_B(j,i) = epsilont(j,1)+R_INICIAL;
    end
    epsilont = zeros(horizon,1);
end


%VARIABLES NECESARIAS PARA ACTIVO SIMULADO:

 %ÚLTIMO VALOR DE LAS DISTINTAS SERIES
LASTDAT = 48;
LASTDAT2 = 47;

%Último valor del activo normalizado en libros:
LASTSX15 = ANX15(LASTDAT,1);

%Último valor del pasivo en libros:
LASTPTX15 = PTX15(LASTDAT,1);

%Último valor de la tasa libre de riesgo (Tlider):
RATE = Tlider_Mens(LASTDAT,1);

%Se genera una matriz que retorna el valor del activo a partir de la simulación del retorno
del activo:

%ÚLTIMO VALOR DEL ACTIVO:
LAST_A = LASTSX15;


%CONSTRCUCCIÓN DEL ACTIVO SIMULADO A PARTIR DE LA MATRIZ DE RETORNO "R":

M_R_ASIM_X15 = M_R_SIM_X15_B';
M_ASIM_X15 = zeros(nPaths,horizon);

%Contador:

c = LAST_A;

for i = 1:nPaths
    for j = 1:horizon
        if j<horizon
            M_ASIM_X15(i,j) = M_R_ASIM_X15(i,j)*c+c;
            c = M_ASIM_X15(i,j);
        else
            M_ASIM_X15(i,j) = M_R_ASIM_X15(i,j)*c+c;
            c = LAST_A;
        end
    end
end

%se calcula la traspuesta del activo solo para efectos de graficación:

M_ASIM_T_X15 = M_ASIM_X15';

%Se genera una matríz que compare los valores de la matriz M_ASIM_
%con el punto crítico 1, si M_ASIM_ <= 1
%entonces toma valores NaN (el banco quiebra), de otro modo queda igual que el valor de la
```

```
%matriz M_ASIM_

%PARA SIGMA1:

for c = 1:nPaths
   for d = 1:horizon
       if M_ASIM_X15(c,d)<=1
          M_ASIM_N_X15(c,d)= nan;
       else M_ASIM_N_X15(c,d)= M_ASIM_X15(c,d);
       end
   end
end

%Nomro ASIM_N como ASIM_NN para que cuando encuentre un valor NaN de la
%fila, el resto de la misma sean valores NaN, esto con el objeto de
%interrumpir el contador, pues es cuando el banco quiebra al tener activo
%igual o menor a la unidad.

M_ASIM_NN_X15 = M_ASIM_N_X15;

%Genero un if para anular con valores NaN la fila de la matriz ASIM_N a partir de un valor
%NaN

for p = 1:nPaths
    for q = 1:horizon-1
        TEMPORAL = M_ASIM_NN_X15(p,q);
        isnan(TEMPORAL);
        if isnan(TEMPORAL);
            M_ASIM_NN_X15(p,(q+1)) = nan;
            else M_ASIM_NN_X15(p,(q+1)) = M_ASIM_N_X15(p,(q+1));
        end
     end
end

%TRASPUESTA ÚNICAMENTE PARA EFECTOS DE GRAFICACIÓN:
M_ASIM_NN_TT_X15 = M_ASIM_NN_X15.';


                         % V) PROBABILIDAD DE DEFAULT EN EL PERÍODO CERO


%Necesito calcular una probabilidad de default en el período cero
%para aplicarla al primer período simulado, para lo cual calculo un valor
%de Z ,luego la probabilidad de quiebra en el perídodo cero.

%a) Se genera una rentabilidad del período cero para el cálculo de la
    %probabilidad de default en el período uno:

R_0 = (LASTSX15-ANX15(n8-1))/(ANX15(n8-1));

%b) Se genera una rentabilidad crítica del período cero para el cálculo de la
    %probabilidad de default en el período uno:

R_C = (1/ANX15(n8-1))-1;


%c) Se genera el valor Z de la normal estándar del período cero para el cálculo de la
    %probabilidad de default en el período uno ( ambos retornos están multiplicado por 12
para hacerlo anual):

ZX15_0 = ((R_C*12)-(R_0*12))/MX15;

%d) Se genera la probabilidad de default, respecto al valor de Z

PROBZX15_0 = normcdf(ZX15_0);


 % VI) PROBABILIDADES DE DEFAULT PARA LOS PERÍODOS SIMULADOS

%PARA SIGMA1:
```

```
%a) se multiplica por 12 la matriz de rentabilidad del activo para hacer el retorno anual:

M_R_ASIM_ANUAL_X15 = M_R_ASIM_X15*12;

%b) Se genera una matriz para punto crítico de la rentabilidad del activo
    %simulado:

M_R_ASIM_C_X15 = zeros(nPaths,horizon);

%Contador:

a = LASTSX15;

for t = 1:nPaths
    for w = 1:horizon
        if w<horizon
            M_R_ASIM_C_X15(t,w) = (1/a)-1;
            a = M_ASIM_X15(t,w);
        else
            M_R_ASIM_C_X15(t,w) = (1/a) - 1;
            a = LASTSX15;
        end
    end
end

 %se multiplica por 12 para hacer el retorno crítico anual:

M_R_ASIM_C_ANUAL_X15 =  M_R_ASIM_C_X15*12;


%c) CALCULO DE LA PROBABILIDAD DE DEAFULT (con sigma1): va a depender del valor que tome la
rentabilidad
    %del activo simulado.

    %Matríz para la fórmula de Z con VIX:

M_ZX15 = zeros(nPaths,horizon);

for iq1 = 1:nPaths
    for iq2 = 1:horizon;
        M_ZX15(iq1,iq2) = (M_R_ASIM_C_ANUAL_X15(iq1,iq2)-M_R_ASIM_ANUAL_X15(iq1,iq2))./MX15;
    end
end

%d) Cálculo de la distribución de probabilidad de Z para una normal con VIX:

M_PROBZX15 = zeros(nPaths,horizon);
ZX15 = M_ZX15(1,1);

for is1 = 1:nPaths
    for is2 = 1:horizon;
        ZX15 = M_ZX15(is1,is2);
        PROBZX15 = normcdf(ZX15);
        M_PROBZX15(is1,is2) = PROBZX15;
    end
end


                    % VII) MATRIZ DE DEFAULT PERÍODO CERO Y PERIODOS SIMULADOS


%ARREGLO DE LA MATRÍZ M_PROBZX1 PARA INSERTARLE LA PROBABILIDAD DEL PERÍODO CERO:

%PASOS:
%Agrego al final de M_PROBZX1 la probabilidad de default del
%período cero:

M_PROBZX15(1:nPaths, horizon+1) = PROBZX15_0;

%Paso los valores de la última columna (per) a la columna 1, con lo cual la
```

```
%matriz expandida ya incluiría la probabilidad del período cero en la
%columna 1

M_PROBZX15_0 = circshift(M_PROBZX15, [0,1]);

%Le quito la última columna a M_PROBZX1_0 porque necesito las probabilidades
%del período anterior, con lo cual queda de la misma dimensión que mont y
%per

M_PROBZX15_0(:,horizon+1) = [];


% Paso intermedio: para dejar probabilidades únicamente donde el banco no
% quiebra, transformo la matriz del activo así: donde hay números le pongo
% unos y donde hay NAN's los dejo con el objeto de que solo existan
% probabilidades donde no hay NAN´s.



for c = 1:nPaths
   for d = 1:horizon
       if M_ASIM_NN_X15(c,d)<10000
          M_ASIM_NN_UNOS_X15(c,d)= 1;
       else M_ASIM_NN_UNOS_X15(c,d)= M_ASIM_NN_X15(c,d);
       end
   end
end

%Multiplico M_PROBZX1_0 por M_ASIM_NN_UNOS_ para que la probabilidad se
%corte donde hay NAN's.

M_PROBZX15_0_NN = M_PROBZX15_0.*M_ASIM_NN_UNOS_X15;

%Se toma la transpuesta únicamente para efectos de graficación:

M_PROBZX15_0_NN_T = M_PROBZX15_0_NN;


                            % VIII) PASIVO CONTINGENTE

%El valor normalizado del límite del FOPA esta proyectado a una tasa de crecimiento
%en el futuro y a esos valores se les aplica una tasa de descuento.  En este caso,
%se asume que la tasa de crecimiento es la misma tasa de interés de descuento
%por lo que el valor normalizado en cada período simulado queda inalterado.

%DLFN = Valor normalizado por los pasivos totales del límite de cobertura del FOPA.

DLFNX15 = DLFX15/LASTPTX15;

%Constante = Límite FOPA

c = DLFNX15;

%Valor esperado del FOPA: son todos los valores esperados por los n
%períodos simulados

%Con VIX:

EFX15 = zeros(nPaths,horizon);

cont = M_PROBZX15_0_NN(1,2);

for i = 1:nPaths
    cont = M_PROBZX15_0_NN(i,2);
    for j = 1:horizon
        if isnan(M_PROBZX15_0_NN(i,j)) == 1;
            EFX15(i,j) = nan;
        elseif isnan(cont) == 0;
               EFX15(i,j) = 1;
               else
               EFX15(i,j) = M_PROBZX15_0_NN(i,j)*c;
```

```
        end
        if j<= horizon-3
            cont = M_PROBZX15_0_NN(i,j+2);
        else
            cont = nan;
        end
     end
end

cont2 = horizon;
cont1 =horizon-1;
for i = 1:nPaths
    for j = 1:horizon-1
       if isnan(EFX15(i,cont2)) == 1;
          EFX15(i,cont1) = EFX15(i,cont1);
        else
            EFX15(i,cont1) = M_PROBZX15_0_NN(i,cont1)*c + (1-
M_PROBZX15_0_NN(i,cont1))*EFX15(i,cont2);
        end
        cont1 = cont1-1;
        cont2 = cont2-1;
    end
    cont2 = horizon;
    cont1 = horizon-1;
end

% Sumatoria de todas las filas (períodos) de EF:

EF_SUM_X15 = nansum(EFX15,2);

% Se obtiene promedio del vector PC_MEAN:

EF_MEAN_X15 = nanmean(EF_SUM_X15);

%Valor Esperado del Pasivo Contingente del FOPA (desnormalizado):

VEPC_X15 = EF_MEAN_X15*LASTPTX15;
```

BIBLIOGRAFÍA

- Black, Fischer & Myron Scholes (1973): *"The Pricing of Options and Corporate Liabilities"*. Journal of Political Economy, pp.637-654.
- Castañeda, Juan Carlos & Oscar L. Herrera (2004): *"Opciones de Venta de Depósitos Bancarios: Una Modalidad Eficiente de Seguro de Depósito para Guatemala*". IX Reunión Anual de la Red de Investigadores de Bancos Centrales del Continente Americano. San José de Costa Rica.
- Grinblatt, Mark & Sheridan Titman (1998), *Financial Markets and Corporate Strategy*. McGraw-Hill.
- Hull, John C. (1997): *Futures and Options Markets*. Prentice Hall. Third Edition.
- Kolb, Robert W. (2002): *Futures, Options, and Swaps*. Blackwell Publishing. Fourth Edition.
- Merton, Robert C. (1977): *"An Analytic Derivation of Deposit Insurance Loan Guarantees*". Journal of Banking and Finance, pp. 3-11.
- Merton, Robert C. (1998). *"Applications of Option-Pricing Theory: Twenty-Five Years Later"*. American Economic Review 88, no. 3, pp. 323-349.
- Ronn, Ehud I. & Avinash K. Verma (1989): *"Risk – Based Capital Adequacy Standard for a Simple of 43 Major Banks"*. Journal of Banking and Finance, pp. 21-29.