De solvencia I al modelo interno bajo solvencia II: una aplicación al riesgo de suscripción

Aitor Barañano Abásolo aitor.baranano@ehu.es
Departamento Economía Financiera I
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

J. Iñaki De La Peña Esteban jinaki.delapena@ehu.es
Departamento Economía Financiera I
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Asier Garayeta Bajo asier.garayeta@ehu.es
Departamento Economía Financiera I
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

RESUMEN

El actual sistema de solvencia de las entidades aseguradoras de la Unión Europea (Solvencia I) no tiene en consideración el perfil de riesgo específico de cada compañía para calcular su capital de solvencia necesario. Sin embargo Solvencia II, lleva a cabo una revisión de las normas de valoración de la situación financiera con el objetivo de mejorar el control y la medición de los riesgos a los que se exponen las aseguradoras europeas. En el marco de Solvencia II las entidades aseguradoras deben realizar su gestión diaria de forma que en todo momento dispongan de un capital disponible (recursos) suficiente para asumir no sólo la pérdida esperada, sino también la pérdida inesperada en la compañía (Lozano, 2005).

Este trabajo aporta la elaboración del procedimiento para definir un modelo para calcular el riesgo de suscripción en Solvencia II. Para ello, se han utilizado datos de una cartera de multirriesgo. Se han ajustado a la mejor distribución estadística y sobre ella se ha aplicado una simulación de Montecarlo que es sobre la que se sustenta el modelo propuesto.

Se compara el capital de solvencia de la aproximación determinista de la normativa anterior frente al resultante de aplicar la fórmula estándar del QIS4. Los resultados obtenidos muestran que los capitales necesarios por solvencia para soportar el riesgo de suscripción dependen de la cartera en la que se basan y, por lo tanto mide correctamente el riesgo.

ABSTRACT

Into the European Union insurance industry, Solvency I does not take into account the specific risk of every company to calculate the solvency capital. Nevertheless, Solvency II requires a valuation of the financial situation with the aim to measure the company´s specific risks. So, the insurance entities must manage the capital to assume not only the expected loss, also unexpected loss as well in the company (Lozano, 2005).

This work focuses on developing a procedure for an internal model for suscription risk under Solvency II. We have used data for the series of a multirisk insurance portfolio. This work fits the best statistical distribution and then applies Montecarlo simulation for developing a standard model.

Subsequently, we compared capital requirements resulting from applying the flat law against the standard formula of QIS4. The results showed that the funds needed to take the suscription risk are dependent on the portfolio used and so, the risk is correctly evaluated.

***Palabras claves*:**

Solvencia II ; Montecarlo ; Riesgo de suscripción

***Área temática*:** A5 Aspectos Cuantitativos de Problemas Económicos y Empresariales

1. INTRODUCCIÓN

El actual sistema de solvencia de las entidades aseguradoras de la Unión Europea (Solvencia I) no tiene en consideración el perfil de riesgo específico de cada compañía para calcular su capital de solvencia necesario. Sin embargo, la legislación que lo sustituirá, Solvencia II, lleva a cabo una revisión de las normas de valoración de la situación financiera con el objetivo de mejorar el control y la medición de los riesgos a los que se exponen las aseguradoras europeas. En el marco de Solvencia II las entidades aseguradoras deben realizar su gestión diaria de forma que en todo momento dispongan de un capital disponible (recursos) suficiente para asumir el riesgo inherente (pérdida inesperada) en la compañía (Lozano, 2005).

Dicho capital disponible (fondo propio o diferencia entre activo y pasivo exigible), debe reflejar un valor coherente con el mercado (Alonso, 2007) (y no un valor contable) por la sencilla razón que en caso de que la entidad aseguradora tenga que 'deshacerse' de alguna parte de su activo o pasivo para hacer frente a una pérdida inesperada, el valor al que se va a transferir el activo/pasivo será acorde al valor coherente con el mercado (Art.75 Directiva SII, 2009) (IASB, 2005). Por tanto, el capital 'real' que dispondría para hacer frente a un determinado riesgo será precisamente aquel que en cada momento se establezca en el mercado.

Una vez conocido dicho capital disponible, es cuándo se deben cuantificar los riesgos de la Entidad con la finalidad de saber si están respaldados por fondos propios suficientes como para hacer frente a pérdidas 'inesperadas' y a ello ayudan los modelos internos (Liebwein, 2006) de evaluación del riesgo.

Como medida estandarizada de riesgo, la Directiva Solvencia II apunta al VaR (Hernández y Martínez, 2012; Cuoco & Liu, 2006), por lo que dicha pérdida 'inesperada', a efectos prácticos, supone aplicar un percentil alejado de la perdida esperada (percentil 50) calibrado, mediante dicho VaR. Para las entidades aseguradoras, dicha calibración corresponde con un percentil 99,5% para un ejercicio económico de un año, acorde a la Directiva de Solvencia II (Art. 101 Directiva SII, 2009).

Esta Directiva ofrece la posibilidad de que las entidades aseguradoras bien sigan una fórmula estándar (común para todas las entidades de los distintos países de la UE) o bien desarrollen un modelo interno (parcial o completo) (Art.100 Directiva SII, 2009). Estos modelos mejorarán la consistencia y trasparencia, y hacen que el capital de mercado sea más eficiente (Kaliva et al., 2007) y están dirigidos a establecer una valoración del riesgo acorde al perfil de cada entidad (EC, 2003; Rokainen et al., 2007).

Este trabajo analiza a lo largo de los siguientes epígrafes la distinta valoración de la pérdida inesperada desde Solvencia I, el VaR paramétrico y el simulado a través de Montecarlo para evaluar el riesgo de suscripción de una aseguradora europea y para una cartera de seguros multirriesgo (no vida). Esta última metodología determina la pérdida inesperada a través de una simulación estocástica para calibrar el riesgo de suscripción que permita una adecuada dotación de capital: modelo interno que valore el riesgo de suscripción y que pueda determinar el capital que lo garantice.

El trabajo se estructura en los siguientes apartados. En el apartado 2 se expone la oportunidad de los modelos de gestión dentro de la compañía aseguradora, abogando de una gestión acorde a los riesgos propios mediante un modelo interno. En los tres apartados siguientes se lleva a cabo una revisión teórica de las distintas alternativas propuestas para determinar la pérdida inesperada o el capital adicional de solvencia entendido como un margen de seguridad. Esta es la principal diferencia incorporada en Solvencia II para evitar el enfoque determinista de ratios de la anterior normativa. A continuación se aplica al riesgo de suscripción en el ámbito de la actividad aseguradora. Se ilustra con la serie temporal empleada y se procede al ajuste y evaluación de los modelos. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos así como las conclusiones más relevantes. En el Anexo se incluye información de la propia muestra empleada.

2. MODELOS DE GESTIÓN

Una de las características más relevantes del mercado del seguro es la importancia que tiene la solvencia de las empresas que actúan en él, entendida ésta como un proceso por el que una entidad aseguradora no sólo es capaz de dar respuesta a factores de riesgo actuales, sino también a los que puedan devenir -solvencia dinámica (Campagne, 1961)- de circunstancias tanto internas como externas (Willemse & Wolthius, 2005). Aunque la normativa Solvencia I considera el riesgo como igual para todas las empresas independientemente de las características cualitativas de su negocio (Garayeta et al., 2012), la nueva legislación –Solvencia II-, intenta compensar las ineficiencias de Solvencia I (Butt, 2007) y que venían arrastradas por las prácticas regulatorias de los países de la Unión Europea.

Ya en 1948, Campagne et al. describe un método para calcular el margen de solvencia, basándose en un porcentaje a aplicar de las provisiones técnicas - solvencia estática-. Este no es muy sensible al riesgo (Karp, 2007) y ocurre que para dos compañías con estructuras diferentes y con diferente exposición al riesgo se les exigiese el mismo nivel de capital.

En la Directiva Solvencia II se posibilita cuantificar el capital inherente al riesgo bien con la fórmula estándar, bien mediante un modelo interno (Art.100 Directiva SII, 2009). Existen estudios (Devineu & Loisel, 2009; Pfeifer y Strassburger, 2008) que establecen que la fórmula general del SCR (Solvency Capital Requirement o Capital de Solvencia Requerido) no siempre cumple las hipótesis exigidas y que la fórmula estándar, basada en asimetría y correlación, quizás no sea suficiente para los objetivos que persigue Solvencia II. Igualmente, la propia empresa puede desarrollar su modelo interno de forma completa (si se refieren a todos los riesgos) o parcial (cuando sólo se refieren a algún riesgo) (Art.112 Directiva SII, 2009), si bien conllevan procedimientos costosos y complejos (Eling et al., 2007).

Solvencia II intenta potenciar que las empresas desarrollen sus propios modelos internos (Rokainen et al., 2007), debido a que un modelo estándar rara vez se ajusta a las características específicas de la empresa y pocas veces refleja de forma adecuada la situación que tiene actualmente la empresa. Estos modelos internos de gestión del riesgo no son una invención de los últimos años. Algunos expertos (Holzheu, 2000; Helfestein et al., 2004; Liebwein, 2006) indican que son la continuación de los *profit testing* usados desde 1980, al existir una clara necesidad de trasparencia, de convergencia en la supervisión hacia los modelos de solvencia y la contabilidad. Además son coherentes con la idea que no existe un único modelo común para todas las compañías aseguradoras y que cuantifique la gestión del riesgo (Kaliva et al., 2007).

Su finalidad es, además de ayudar a determinar el SCR, ser usado para determinar ciertos parámetros del modelo general, debiéndose integrar en el proceso de gestión del riesgo de la compañía y la aplicación tiene que ser a través de un acercamiento metodológico consistente, además del visto bueno de los supervisores tanto al inicio como durante el proceso (CEIOPS, 2005).

Se orienta, por tanto, a la cuantificación del riesgo en cuanto al importe de capital que se requiere (Berglun et al., 2006), y con ello a su gestión y por ende, dar mayores beneficios a los accionistas (Liebwein, 2006). Además, no hay necesidad de aplicarlo para toda la empresa, sino que se puede aplicar a ciertos sectores o a la valoración de determinados riesgos. En todo caso, el modelo interno requiere una amplia justificación, donde la información generada debe incluirse en su ejercicio correspondiente, de otro modo causaría errores muy notables que podrían afectar a la continuidad de la empresa (Chatfield, 2001). Por ello, los parámetros estimados en los modelos internos se deben adecuar al periodo en el que está inmersa la aseguradora. Aunque hemos de tener en cuenta que un modelo ajustado a los valores presentes no garantiza un pronóstico adecuado de capital requerido que haga frente a los riesgos (Berglund et al., 2006).

La directiva afirma que los requisitos de capital deben ser cubiertos por los fondos propios (cap. 47 SII Directiva, 2009) y aquellos activos que se permitan a las aseguradoras como garantía frente a las obligaciones contraídas. Por ello, se debe cuantificar tanto la pérdida esperada o provisiones técnicas, como la pérdida no esperada, a través de métodos estadísticos y actuariales (cap. 53-56 SII Directiva, 2009) y con hipótesis realistas, siendo éstos siempre coherentes con el mercado y cumpliendo de forma fiable las normas de diversificación de los riesgos.

3. SOLVENCIA I: MARGEN DE SOLVENCIA OBLIGATORIO

Siguiendo a Garayeta et al, 2012, para el Ramo de no vida, el Margen de Solvencia Obligatorio (MSO) según solvencia I, se determina con relación, al importe anual de las primas o cuotas, o en función de la siniestralidad media de los tres últimos ejercicios, eligiéndose el mayor importe de ambos. En lo relativo a las primas o cuotas, el procedimiento emplea el valor de las primas propias (VPP) o cuotas brutas devengadas a las que se le adicionan las primas aceptadas por reaseguro (PR), restando las cuotas anuladas (CA). En lo referente a la siniestralidad media de los tres últimos ejercicios, el total obtenido se divide en dos tramos, el primero hasta 50 millones de € aplicándose el 18% y por el exceso se aplicará el 16%.

La base de las primas obtenido se multiplica por la relación existente, para el conjunto de los tres últimos ejercicios, entre la siniestralidad a cargo de la empresa después de deducir la siniestralidad a cargo del reaseguro y el importe de la siniestralidad bruta donde dicha relación no puede ser en ningún caso inferior al 50 %.

$$BASE\ DE\ PRIMAS = Max\left(VPP + PR - CA; \frac{S_X + S_{X-1} + S_{X-2}}{3} \cdot \begin{cases} 50.000.000\ € \cdot 18\% \\ +Resto \cdot 16\% \end{cases}\right)$$

S_X : Siniestralidad del ejercicio *x*

S_{X-1} : Siniestralidad del ejercicio *x-1*

S_{X-2} : Siniestralidad del ejercicio *x-2*

4. SOLVENCIA II: CAPITAL EN RIESGO

4.1. El Valor del Capital en Riesgo en Solvencia II

Del mismo modo que la Directiva Solvencia II impulsa que las empresas construyan sus propios modelos internos, también apunta al valor en riesgo –VaR- como medida estandarizada del riesgo. Las características así como las ventajas y desventajas del VaR han sido ampliamente discutidas en la literatura (Artzner et al., 1999) midiendo la cantidad que en un horizonte y en un intervalo de confianza dado no excederá en sus pérdidas (Jorion, 2001; Trainar, 2006). En su formulación más sencilla (Sharpe, 1995), dada una cartera C en un tiempo T y una probabilidad p, se estima un nivel de pérdidas L*, en el cual las pérdidas han de ser menores o iguales. El VaR representa un cuantil condicionado por la distribución de pérdidas. De esta forma, sean

$$l_1, l_2, \dots, l_n$$

las variables idénticamente distribuidas que definen las pérdidas.

$$F(L) = Pr(L < L|\Omega_{t-1})$$

Representa la distribución de acumulación condicionada a que la información del conjunto Ω_{t-1} se conoce en *t-1*. Todas las pérdidas t-ésimas siguen el siguiente proceso estocástico:

$$L_t = \mu + \varepsilon_t$$

siendo,

$$\varepsilon_t = z_t \sigma_t$$

y

$$z_t \longrightarrow iid(0,1)$$

donde

$$\sigma_t^2 = E(z_t^2 | \Omega_{t-1})$$

y z_t es la distribución condicionada de la función $G(Z)$

$$G(Z) = Pr\big(z_t \ < Z \big| \Omega_{t-1}\big)$$

En este caso, el VaR para una probabilidad dada de $\alpha \in (0,1)$, denotado por VaR(α) se define como el α cuantil (percentil) de la distribución de probabilidad de pérdidas:

$$F(VaR(\alpha)) = Pr\big(l_t \ < VaR(\alpha)\big) = \alpha$$

Este cuantil puede estimarse mediante diferentes formas:

1. obteniendo la función de distribución de las pérdidas del periodo (*F(L)*).
2. obteniendo la función de distribución de las volatilidades $G(Z)$.

La pérdida 'inesperada', a efectos prácticos, supone aplicar el percentil mencionado con anterioridad. Ése es un método muy utilizado en el mercado alemán (Altuntas et al, 2011).

Aunque el concepto del VaR es simple, su cálculo no lo es tanto. Las metodologías inicialmente desarrolladas para calcular el VaR de una Cartera (Abad et al., 2014) son:

i) Métodos paramétricos. Buscan ajustar las curvas de probabilidad a los datos y, a través de la inferencia obtener el VaR de una curva determinada. El primer modelo puede decirse que es Riskmetrics (Morgan, 1996), el cual se basaba en la hipótesis de la distribución normal y que los variables eran independientes e idénticamente distribuidos (iid).

ii) Métodos no paramétricos. Buscan medir el riesgo de una cartera sin realizar hipótesis de cómo es la distribución de pérdidas. Se basan en los datos históricos entendidos como que el futuro más cercano debe ser similar al pasado reciente y, por lo tanto los datos pasados pueden emplearse para predecir las pérdidas en un futuro cercano. Se han implementado modelos que estiman la función de densidad a partir de las simulaciones históricas (Barone-Adesi et al, 1999; Engle and Manganelli, 2004).

iii) Métodos semi-paramétricos. Los enfoques más significativos abordan: Volatilidad histórica; Simulación histórica filtrada; Autorregresiones por cuantiles –CaViaR-; Teoría de los Valores Extremos y Simulación de Montecarlo. De entre ellos, éste último representa tal vez uno de los más empleados en el sector asegurador.

Existen estudios que comparan las bonanzas del empleo de series históricas, VaR paramétrico y VaR determinado con simulación de Montecarlo (Lechner & Ovaert, 2010; Deepak & Ramanathan, 2009; Jorion, 2001; Pritsker, 1997; Stambaugh, 1996). No cabe duda que cada método tiene sus debilidades y fortalezas (Stambaugh,1996), con lo cual deben contemplarse como medidas complementarias al facilitar mayor grado de información según la circunstancia. Por lo general, concluyen que no hay un método mejor que otro. Los métodos paramétricos son simples y muy útiles cuando la frecuencia de los datos sigue una distribución normal. No obstante, resultan poco apropiados con otras funciones. El empleo de Montecarlo tiene la gran ventaja de incrementar el número de observaciones aunque necesita un fuerte recurso informático. El empleo directamente de los datos históricos es muy exacto de cara a medidas pasadas, pero suele ser pobre respecto a las estimaciones futuras.

4.2. VaR paramétrico

También es conocido como VaR calculado a través del método de varianzas-covarianzas y delta-normal. Para su determinación se asume que el VaR es proporcional a la desviación estándar del rendimiento de la cartera y se asume una distribución normal para los datos. Como la cartera es una suma lineal de éstos y se distribuyen normalmente, la cartera resulta también normalmente distribuida. Su expresión sería

$$VaR(\alpha) = \alpha \cdot \sqrt{\sigma_C}$$

σ_C: Desviación estándar de la cartera.

Ha sido muy empleado para calcular los valores en riesgo de carteras de activos financieros (Lechner & Ovaert, 2010; Deepak & Ramanathan, 2009) donde los rendimientos de los títulos siguen la distribución normal, resultando inapropiados con otras distribuciones asimétricas.

4.3. Simulación de Montecarlo

La selección del método Montecarlo ante una aproximación analítica se realiza por dos razones (Van Bragt & Kort, 2010):

i) complejidad de las opciones incluidas
ii) necesario para la presentación de informes y análisis en materia de solvencia, obteniendo unas valoraciones más detalladas.

El método de Montecarlo es una buena solución no solo para resolver problemas de naturaleza estocástica sino también determinista (Albarrán y Alonso, 2010). Ya en 1981, Gandhi et al. indicaban que los resultados de la cartera de una compañía pueden ser representados por una probabilidad de distribución y con ellas se podía establecer un método para identificar la probabilidad de ruina. Estableció que los criterios de dominio estocástico (Stocastic Dominance) eran superiores y más eficientes. Comprende un mejor acercamiento bajo situaciones de riesgo y recomienda usar la técnica Montecarlo.

Gschlößl & Czado, (2007) empleó un Markov Chain Montecarlo para la determinación de los parámetros que relacionan el número de reclamaciones y el tamaño de dichas reclamaciones dentro de una empresa de no vida. Para ello, empleó datos de empresas alemanas de coches, los cuales a su vez se basan en Gilks et al. (1996). Este método también ha sido aplicado en la determinación de los parámetros de estructuras latentes (Dimakos & Frigessi di Rattalma, 2010) o en la contrastación de nuevos paradigmas, como el *liability-driven investing*, a través de una análisis dinámico financiero (Van Brag et al., 2010b). Incluso ha sido utilizado para la determinación de los parámetros en diferentes modelos de precios de mercado (Hardy, 2010), como pudieran ser los precios de las casas así como los tantos de interés (Huang et al., 2011; Yang, 2011) para la aplicación a hipotecas inversas.

La incorporación de modelos internos en la propia gestión de la empresa aseguradora requiere la realización de simulaciones estocásticas de las distintas variables objeto de gestión. Mediante este método, se asignan distribuciones de frecuencias a las variables del modelo interno que tienen riesgo y, posteriormente se generan números aleatorios acorde a esas distribuciones "simulando" (miles de escenarios) el comportamiento que se considera tendrán en el futuro. De esta manera, es posible darle más realismo al modelo interno obteniendo resultados más confiables a la hora de tomar una decisión.

La forma más sencilla de simulación de Montecarlo para estimar el VaR en el momento t-ésimo para un ejercicio económico a un nivel de significatividad del 99,5% consiste en realizar N simulaciones bajo una determinada distribución de la variable. En este caso, y con el fin de obtener más información sobre la probabilidad de ocurrencia de hechos que pongan en riesgo el valor esperado de la prima determinada, se procede a simular variaciones en la distribución de siniestros y su cuantía. Para ello, se recrean 10.000 simulaciones, teniendo en cuenta que, tanto el número de siniestros como el coste de los mismos siguen una distribución normal, tal y como se ha demostrado con el test de bondad de ajuste en el epígrafe anterior. En concreto para la frecuencia del número de siniestros se realizan simulaciones en base a la distribución normal y el mismo proceso se realiza para el coste medio de los siniestros.

5. UNA APLICACIÓN AL RIESGO DE SUSCRIPCIÓN

5.1. El riesgo de suscripción

El riesgo de suscripción representa el riesgo de pérdida o de modificación adversa del valor de los compromisos contraídos en virtud de los seguros contratados, inadecuación de hipótesis y constitución de provisiones. Se refiere a indemnizaciones futuras que se originan durante o después del ejercicio económico y hasta el horizonte de tiempo previsto para la valoración de la solvencia. Está compuesto por el capital necesario para hacer frente tanto a la pérdida esperada como a la no esperada.

La pérdida esperada toma como referencia los datos históricos. Basándose en la simulación de la siniestralidad, que constituye el factor principal de dicho riesgo, se proyecta el comportamiento de su frecuencia y del coste medio y con ello se busca aquella función de distribución que mejor replica dichos datos históricos. En este sentido, Kaufmann et al. (2001) utilizan una distribución binomial negativa para modelar la frecuencia de siniestros y una distribución Gamma para el coste medio. Para ello, se toman como variables de referencia las medias y las desviaciones estándar que surgen del análisis de los datos históricos. En el caso del modelo DynaMo 3 (modelo público de análisis financiero dinámico) se utiliza una distribución normal, tanto para la frecuencia media de siniestros, como para el coste medio. Una alternativa a la metodología anterior -que es la desarrollada en este trabajo y que se encuentra ligada al modelo propuesto en QIS4-, consiste en proyectar directamente la ratio de siniestralidad (*loss ratio*) tras haber sido ajustada a una distribución histórica. De esta forma, no se predetermina la función de distribución de los datos de la compañía, sino que según sean éstos, se busca aquella función de distribución que mejor represente las frecuencias del número de siniestros y de severidad de éstos.

5.2. Serie temporal empleada

El mercado español de seguros multirriesgo del hogar se encuentra atomizado en un gran número de compañías con cuotas de mercado, en su mayoría realmente bajas. En el año 2013 operan 75 compañías donde las 7 primeras controlan más del 50% del mercado y a partir de la número 20, el índice de penetración del mercado es cercano al 1%, siendo su campo de actuación, en la mayoría de los casos local, provincial o autonómico. Si bien el número de primas en los años referenciados tiene una tendencia ligeramente bajista, la totalidad del sector muestra una evolución creciente en cuanto a la recaudación de primas hasta el 2013 como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Evolución de Primas y Siniestralidad (miles de €uros)

Año Análisis	PRIMAS IMPUTADAS BRUTAS	Número Contratos	SINIESTRALIDAD BRUTA
2008	3.066.891	17.106	1.810.628
2009	3.286.767	17.008	2.103.985
2010	3.350.179	17.006	2.182.244
2011	3.533.890	17.244	2.001.125
2012	3.667.818	16.205	2.121.328
2013	3.786.017	16.585	2.232.254

Fuente: DGSFP. Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones (2013).

Se dispone de las características básicas de cartera (Anexo I) de una empresa que representa al modelo-tipo de empresa del sector multirriesgo del hogar: empresa aseguradora pequeña, local, con una cuota de mercado cercana al 1% (una media de 1.306 pólizas en todo el periodo, alcanzando a cierre de 2013 un total de 1.053 pólizas). La base de datos históricos de 9 ejercicios económicos anuales por trimestres alcanza

41.892 asegurados, totalizando 13.830 siniestros, y representando un coste total de 25.233.813,42 €, si bien la prima recaudada asciende a 2.608.444,23 €.

A partir de sus datos históricos, se obtienen los estadísticos clásicos (media, varianza, etc.) de las variables incluidas en el cálculo de la prima, así como las frecuencias del número de siniestros. Concretamente, el número medio de siniestros por trimestre asciende a 432,19, con una desviación típica de 107,39.

Gráfico 1: Siniestros por trimestre

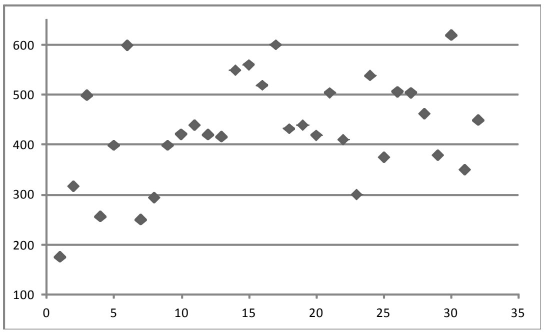
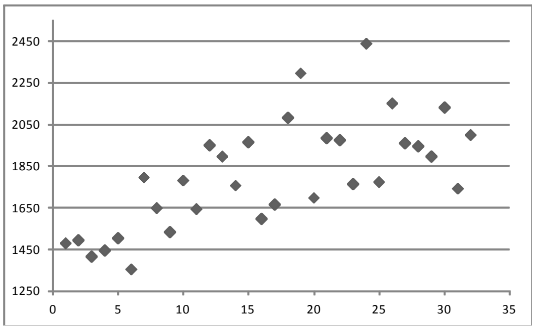


Gráfico 2: Coste del siniestro por trimestre



Fuente. Elaboración Propia

En el trimestre que menos ocurren son 176 y en el que más 620 (gráfico I). En cuanto a la severidad, el coste medio del siniestro ascendió en esos nueve años a 1.803,85 €, con una desviación típica de 262,52 €, siendo el menor valor de 1.352,41 € y 2.436,90 € el máximo coste del siniestro (gráfico 2).

Gráfico 3: Frecuencias de número

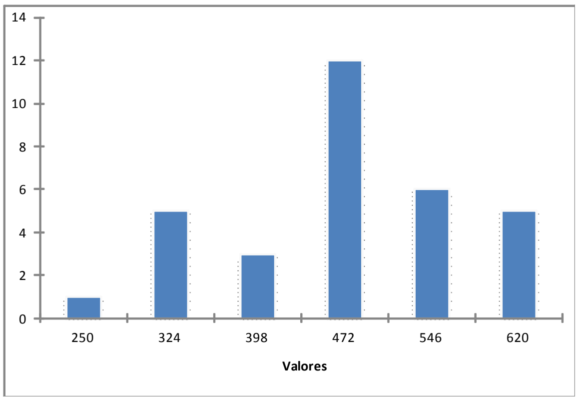
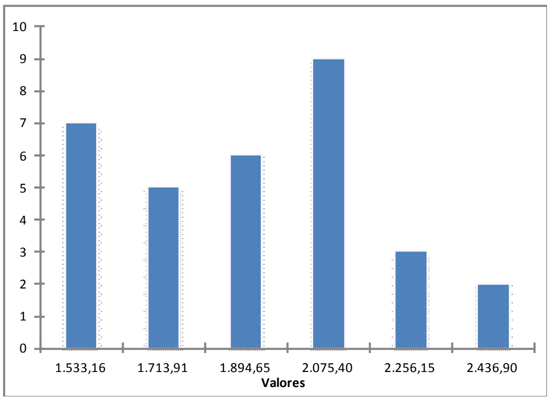


Gráfico 4: Frecuencia de Coste



Fuente. Elaboración Propia

5.3. Modelización estadística

Los datos históricos son la fuente de la frecuencia observada (gráficos 3 y 4) y se contrasta con las frecuencias individuales teóricas de diversas funciones, con el fin de observar qué función refleja más fielmente la realidad. Se encuentra que la función que mejor replica la frecuencia del número de siniestros en este caso es la Normal. En cuanto a la severidad, corresponde igualmente a dicha función Normal.

6. RESULTADOS

Tras encontrar las funciones de distribución que mejor representan las frecuencias del número de siniestros y su severidad (Normal en este caso), se procede a calcular el capital requerido de solvencia según la normativa Solvencia I, en base al VaR paramétrico y el VaR con el método de Montecarlo.

6.1. Solvencia I

Para el Ramo de no vida, el Margen de Solvencia Obligatorio (MSO) según solvencia I, se determina con relación, al importe anual de las primas o cuotas, y en función de la siniestralidad media de los tres últimos ejercicios.

$$MSO = f(S_X, S_{X-1}, S_{X-2})$$

Para la muestra contemplada, se supone que se soportan íntegramente por la aseguradora, con lo cual, los 2.608.444,23 € de prima se contemplan al 18% resultando un margen de solvencia de **469.519,96 €**. Este capital es independiente de la gestión de riesgo que se realice en la compañía e, incluso, como se ha comentado, dos compañías que realicen una gestión diferenciada, llegarían a tener el mismo margen de solvencia siempre que su recaudación por primas fuese la misma.

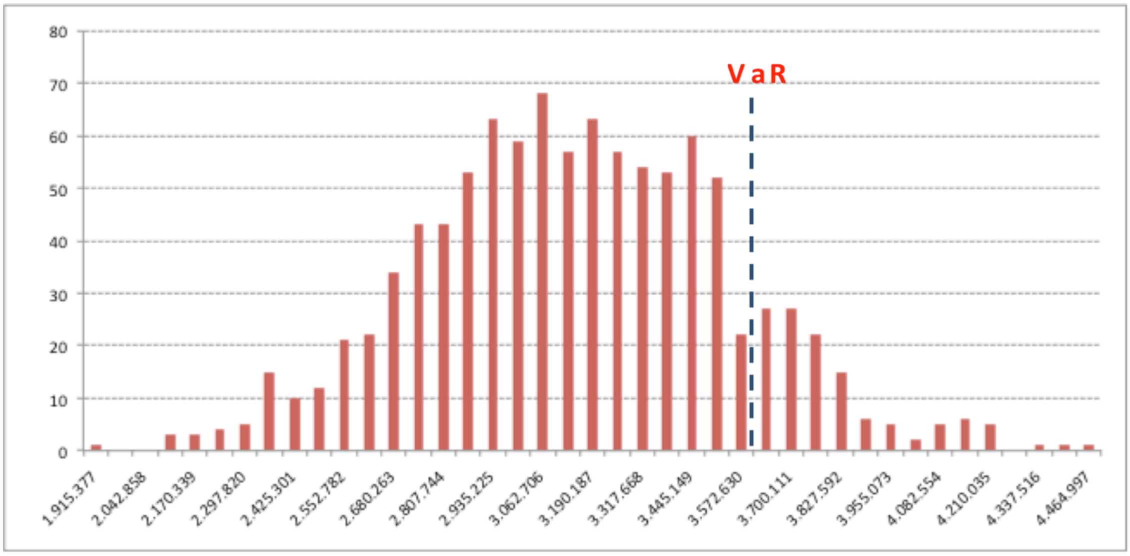
6.2. VaR paramétrico

En lo que respecta al VaR paramétrico se obtiene un valor en riesgo (capital requerido de solvencia con un Intervalo de Confianza de 99,5% durante 1 ejercicio económico de **748.225,53 €.** Este valor contrasta con los 469.519,96 € de margen de solvencia obligatorio resultante bajo la normativa anterior de solvencia I, la cual, como ya se ha mencionado, es independiente de las características propias de la cartera de pólizas.

6.3. VaR por Montecarlo

Realizando la simulación de Montecarlo de 10.000 escenarios, se obtiene que la pérdida esperada con un Intervalo de Confianza de 99,5% durante un ejercicio económico, asciende a 3.608.529,85 €. Teniendo en cuenta que la Prima devengada en el ejercicio por la Entidad aseguradora asciende a 2.608.444,23 €, el valor en riesgo del Riesgo de Suscripción de dicha Prima sería **1.000.085,62** €. Un valor superior al VaR paramétrico y que contempla un abanico de 10.000 escenarios posibles.

Gráfico 5: Distribución de frecuencias y VaR



Fuente. Elaboración Propia

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La entrada en vigor del proyecto de Solvencia II transformará el sistema de determinación de las necesidades de capital del asegurador. En el nuevo marco regulatorio, se propone un modelo estándar basado en el valor en riesgo (VaR), pero al mismo tiempo, se fomenta la aplicación de modelos internos de autoevaluación y gestión del riesgo. Este trabajo se centra en el desarrollo de un procedimiento propio que lleve a la modelización del riesgo de suscripción para una compañía aseguradora. Para ello, se han utilizado datos trimestrales de una cartera de seguros, donde para determinar el capital requerido de solvencia se ha empleado una simulación estocástica.

Precisamente, la características de tanto la frecuencia de siniestros de la cartera de pólizas como de la cuantía de ellos es la que en Solvencia II determina ese capital adicional por la pérdida no esperada y que depende de la política de suscripción de riesgos de la propia compañía: Asume una cartera de más riesgos (en cuantía y frecuencia) por lo que el capital que debe estar dotado debe ser mayor (hasta más del doble en este caso), lo cual redunda en la seguridad de la compañía y en el fin para el que se crea Solvencia II, dotar de seguridad económica a los compromisos asumidos para con los asegurados.

La aplicación de la simulación estocástica llevada a cabo permite:

1. Determinar un procedimiento específico para dotar de un modelo interno que determine el capital requerido para solvencia en el caso del riesgo de suscripción.
2. Obtener resultados de tipo probabilístico a diferencia del análisis determinista o "estimación de un solo punto" que se realiza en Solvencia I. De esta manera, mediante la simulación estocástica los resultados muestran no sólo lo que puede suceder, sino lo probable que es un resultado obtenido.
3. Estas simulaciones estocásticas, dado que consisten en simular miles de escenarios posibles de siniestralidad, nos permite estimar el importe total de siniestros de todos y cada uno de los escenarios posibles (acorde a un intervalo de confianza determinado) y teniendo en cuenta que nos basamos en la experiencia histórica de los siniestros, además de cuantificar el importe de siniestros, calculamos la probabilidad de todos y cada uno de los escenarios proyectados.
4. Es una herramienta para la gestión de la compañía al poder incorporar variaciones temporales en los parámetros, colas gruesas y escenarios extremos y, por ende, puede abarcar una amplia gama de riesgos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, P.; BENITO, S.; LÓPEZ, C. (2014). "A comprehensive review of Value at Risk methodologies". *The Spanish Review of Financial Economics* 12, 15-32.
- ALBARRÁN, I.; ALONSO, P. (2010). *Métodos estocásticos de estimación de las provisiones técnicas en el marco de* solvencia II. Madrid: Fundación Mapfre.

- ALONSO, P. (2007). "Solvencia II: Ejes del proyecto y diferencias con Basilea II." *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*, 37–56.
- ALTUNTAS, M.; BERRY-STÖLZLE, T. R. & HOYT, R. E. (2011). "Implementation of Enterprise Risk Management: Evidence from the German Property-Liability Insurance Industry". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, *36*(3), 414–439. DOI:10.1057/gpp.2011.11
- ARTZNER, P.; DELBAEN, J.; EBER, M. Y HEATH, D. (1999). Coherent measures of Risk. *Mathematical Finance* 9, 203—228.
- BARONE-ADESI, G.; GIANNOPOULOS, K; VOSPER, L. (1999). „VaR without correlations for nonlinear portfolios". *Journal of Futures Markets,* 19, 583-602
- BERGLUND, R., KOSKINEN, L., RONKAINEN, V. (2006). Aspects on calculating the Solvency capital requirement with the use of internal models. *28th International Congress of Actuaries, Paris*. Disponible en (1/8/2014): http://www.ica2006.com/Papiers/3001/3001.pdf
- BUTT, M. (2007). "Insurance, Finance, Solvency II and Financial Market Interaction". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, 32 (1), 42–45.
- CAMPAGNE, C., VAN DER LOO, YNTEMA, A.J. (1948), "Contribution to the method of calculating the stabilization reserve in life assurance business", *Gedenkboek Verzekeringskamer 1923-1948, Staatsdrukkerij-en uitgeverijbedrijf, Den Haag*. 338-378. (in both, Dutch and English).
- CAMPAGNE, C. (1961). *Minimum standards of solvency for insurance firms*. (Report to the OECD, 11th March, TFD/PC/565)
- CEIOPS -Committee of European Insurance and Occupational Pension Supervisors- (2005). *Answers to the European Commission on the Second Wave of Calls for Advice in the Framework of the Solvency II Project,* Frankfurt, October 2005. 116; 117–118; 127–128
- CUOCO, D., & LIU, H. (2006). "An analysis of VaR-based capital requirements". *Journal of Financial Intermediation*, *15* (3), 362–394.
- CHATFIELD, C. (2001). *Time-Series Forecasting.* London: Chapman & Hall.

- DEEPAK, J. & RAMANATHAN, T. (2009). "Parametric and Nonparametric Estimation of Value at Risk". *The Journal of Risk Model Validation*, vol.3, no.1, pp.51-71.
- DEVINEU, L. & LOISEL, S. (2009). "Risk aggregation in Solvency II: How to converge the approaches of the internal models and those of the standard formula? " *Bulletin Français d'Actuariat*, 9-18:107-145
- DIMAKOS, X. K., & FRIGESSI DI RATTALMA, A. (2010). "Bayesian Premium Rating with Latent Structure". *Scandinavian Actuarial Journal*, (February 2013), 37–41.
- DGSFP -Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones- (2013). Memoria Estadística Anual de Entidades Aseguradoras. Año 2013. Disponible en (3/2/2015): http://www.dgsfp.mineco.es/sector/documentos/Informes%202014/Memoria%20Estadística%20Anual%20de%20Entidades%20Aseguradoras%202013.pdf
- Directiva del Parlamento Europeo y del consejo, de 25 de noviembre de 2009, sobre el seguro de vida, el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II). 2009/138/CE. (2009). (versión refundida).
- ELING, M.; SCHMEISER, H.; SCHMIT, J.T. (2007). "The Solvency II Process: Overview and Critical Analysis". *Risk Management & Insurance Review Journal*, 70-75.
- ENGLE, R.; MANGANELLI, S. (2004). "CAViaR: Conditional autoregressive value at risk by regression quantiles". *Journal of Business & Economics Statistics,* 22. 367-381.
- EC -European Commission- (2003). *Solvency II – Reflections on the General Outline of a Framework Directive and Mandates for Further Technical Work*, (Note to the IC Solvency Subcommittee MARKT/2539/03).
- GANDHI, D. K., SAUNDERS, A., & G SUGARS, E. (1981). "Stochastic Dominance : An Application to the Insurance Portfolio Decision." *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, *21*(October), 51–63.
- GARAYETA, A.; ITURRICASTILLO, I. Y DE LA PEÑA, J.I. (2012). "Evolución del capital de solvencia requerido en las aseguradoras españolas hasta solvencia II." *Anales del Instituto de Actuarios Españoles, 3ª época, 18. 111-150*

- GILKS, W. R.; RICHARDSON, S. & SPIEGELHALTE, D. J. (1996). Introducing Markov chain Monte Carlo. In Gilks, W. R.; Richardson, S. & Spiegelhalter. D. J. *Markov chain Monte Carlo in practice*. 1–19. London: Chapman and Hall.
- GSCHLÖßL, S., & CZADO, C. (2007). "Spatial modelling of claim frequency and claim size in non-life insurance". *Scandinavian Actuarial Journal*, (3), 202–225.
- HARDY, M. R. (2010). "Bayesian Risk Management for Equity-Linked Insurance Bayesian Risk Management for Equity-Linked Insurance". *Scandinavian Actuarial Journal*, 37–41.
- HELFENSTEIN, R., SCOTTI, V. & BRAHIN, P. (2004). "The Impact of IFRS on the Insurance Industry". *Swiss Re Sigma* 7, 1–34.
- HERNÁNDEZ, R.; MARTÍNEZ, M. I. (2012). "Capital assessment of operational risk for the solvency of health insurance companies". *Journal of Operational Risk,* 7. 43-65
- HOLZHEU, T. (2000). "Solvency of Non-Life Insurers: Balancing Security and Profitability Expectations". *Swiss Re Sigma* 1: 1–38
- HUANG, H.-C., WANG, C.-W., & MIAO, Y.C. (2011). „Securitisation of Crossover Risk in Reverse Mortgages". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, *36* (4) 622–647. DOI:10.1057/gpp.2011.23
- IASB. (2005). The fair value option. *Amendment to IAS 39 Financial Instruments: Recognition and Measurement*, June.
- JORION, P. (2001). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing financial risk*. New York: McGraw-Hill.
- KALIVA, K. KOSKINEN L. & RONKAINEN, V. (2007). Internal models and arbitrage – free calibration. *AFIR colloquium*. Disponible en (1/8/2014): http://www.actuaries.org/AFIR/Colloquia/Stockholm/Kaliva.pdf
- KARP, T. (2007). "International Solvency Requirements – Towards more Risk-based Regimes". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, 32 (3). 364-381. DOI: 10.1057/palgrave.gpp.2510139
- KAUFMANN, R.; GADMER, A. & KLETT, R. (2001). "Introduction to Dynamic Financial Analysis". *ASTIN Bulletin* 31(1): 213-249.

- LECHNER, A. & OVAERT, T. (2010). "Techniques to Account for Leptokurtosis and Assymetric Behaviour in Returns Distributions". *Journal of Risk Finance*, vol.11, no.5, pp.464-480.
- LIEBWEIN, P. (2006). "Risk Models for Capital Adequacy: Applications in the Context of Solvency II and Beyond". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, 31(3), 528–550. DOI:10.1057/palgrave.gpp.
- LOZANO, R. (2005). "Las implicaciones de Solvencia II en el sector asegurador español". *Estabilidad financiera,* 9. 59-70.
- MORGAN, J.P. (1996). *Riskmetrics Technical document*, 4th edition. New York: J.P. Morgan.
- PFEIFER, D. & STRASSBURGER, D. (2008). "Solvency II: stability problems with the SCR aggregation formula". *Scandinavian Actuarial Journal* 2008-1. 61 -77
- PRITSKER, M. (1997). "Evaluating Value-at-Risk Methodologies: Accuracy versus Computational Time". *Journal of Financial Services Research*, vol.12, no.2/3, pp. 201-242.
- RONKAINEN, V., KOSKINEN, L. & BERGLUND, R. (2007). "Topical modelling issues in Solvency II". *Scandinavian Actuarial Journal* 2007-2. 135-146,
- SHARPE, W. (1995). Forework. In Beckstrom, R. & Campbell, A. *An introduction to the Var*. Palo Alto, CA: CATS software.
- STAMBAUGH, F. (1996). "Risk and Value at Risk". *European Management Journal*, vol.14, no.6, pp. 612-621.
- TRAINAR, P. (2006). "The Challenge of Solvency Reform for European Insurers". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice,* 31(1), 169–185. DOI:10.1057/palgrave.gpp
- VAN BRAGT, D., STEEHOUWER, H., & WAALWIJK, B. (2010). "Market Consistent ALM for Life Insurers—Steps toward Solvency II". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, *35*(1), 92–109. DOI:10.1057/gpp.2009.34
- VAN BRAGT, D. & KORT, D.J. (2010b). "Liability-Driven Investing for Life Insurers". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, *36*(1), 30–49. DOI:10.1057/gpp.2010.36

- WILLEMSE, W. J., & WOLTHUIS, H. (2005). Risk based solvency norms and their validity. *28th International Congress of Actuaries. Paris*. Disponible en (1/8/2014): http://www.ica2006.com/Papiers/3012/3012.pdf
- YANG, S. S. (2011). "Securitisation and Tranching Longevity and House Price Risk for Reverse Mortgage Products". *The Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice*, *36* (4), 648–674. DOI:10.1057/gpp.2011.26.

ANEXO I: MUESTRA HISTÓRICA

Cuadro 2: Base de datos siniestros multirriesgo

PERIODO	NÚMERO SINIESTROS	COSTE TOTAL	NÚMERO DE EXPUESTOS
2006T1	176	260.383,38	954
2006T2	318	474.820,68	954
2006T3	500	707.120,47	954
2006T4	257	371.062,19	954
2007T1	400	600.604,00	1800
2007T2	600	811.446,00	1800
2007T3	251	450.200,44	1800
2007T4	295	485.953,24	1800
2008T1	400	612.550,00	1266
2008T2	422	750.681,26	1266
2008T3	440	722.485,00	1266
2008T4	421	820.876,68	1266
2009T1	417	790.758,58	1683
2009T2	550	964.857,00	1683
2009T3	561	1.100.976,11	1683
2009T4	520	830.584,20	1683
2010T1	601	1.000.866,08	1299
2010T2	433	900.507,73	1299
2010T3	440	1.009.295,26	1299
2010T4	420	712.628,70	1299
2011T1	505	1.001.677,35	903
2011T2	411	810.907,61	903
2011T3	301	530.729,14	903
2011T4	539	1.313.488,23	903
2012T1	376	666.913,65	1515
2012T2	507	1.090.715,76	1515
2012T3	505	989.794,95	1515
2012T4	463	900.470,16	1515
2013T1	380	720.196,89	1053
2013T2	620	1.320.239,07	1053
2013T3	351	610.875,16	1053
2013T4	450	899.148,46	1053

Fuente: Empresa de sector Multirriesgo del Hogar.