Anales del Instituto de Actuarios Españoles, 3ª época, 21, 2015/31-72

MODELOS AVANZADOS DE ASIGNACIÓN DE CAPITAL EN LAS ENTIDADES DE SEGUROS

Teodora Ruxandra Laura Stoenescu[1]

RESUMEN

La creciente complejidad de los riesgos que afectan a una entidad de seguros ha generado la necesidad de mejorar la normativa existe y establecer reglas más concretas para la valoración de activos y pasivos, la gestión de riesgos y la supervisión por parte del regulador. Solvencia II es el nuevo marco legal de las aseguradoras europeas. Una de sus características más relevantes es que facilita una tarea fundamental para la entidad de seguros: la asignación de capital. En este artículo veremos qué representa la asignación de capital, por qué es necesaria, qué métodos de asignación existen y cómo se pueden implementar tres de estos métodos (el modelo CAPM, el modelo de Myers-Read-Butsic y el modelo de Shapley) para realizar la asignación.
Palabras claves: asignación de capital, Solvencia II, riesgo, CAPM, Myers-Read-Butsic, Shapley

ABSTRACT

The growing complexity of risks which affect an insurance company has generated the need to improve the existing regulation and establish better rules for the valuation of assets and liabilities, risk management and supervision. Solvency II is the new regulatory framework for European insurance companies. One of its main traits is that it facilitates a fundamental task for an insurance company: capital allocation. In this paper we will see what capital allocation is, why it is necessary, what allocation methods are available and how three of these methods (the CAPM, the Myers-Read-Butsic model and the Shapley model) can be used to allocate capital.

Keywords: capital allocation, Solvency II, risk, CAPM, Myers-Read-Butsic, Shapley

[1] teodora_stoenescu@yahoo.com
*Artículo basado en el Trabajo Fin de Máster en Ciencias Actuariales y Financieras de la Universidad Carlos III de Madrid, cuyo tutor fue Dr. D. José Miguel Rodríguez - Pardo del Castillo
Este artículo se ha recibido en versión revisada el 2 de junio de 2015.

Introducción

Vivimos en un mundo que está continuamente sujeto al cambio. Dicho cambio es, en la mayoría de los casos, necesario para poder ir adelante, progresar, superar los límites, aprender y conocer más. El sector asegurador, al igual que todos los demás participantes al mundo económico-financiero, se encuentra en un proceso permanente de cambio, de evolución. Este progreso supone un aumento en la complejidad de las tareas y, especialmente, en los riesgos que caracterizan el desarrollo de la actividad de una entidad de seguros. El riesgo es una noción clave para cualquier compañía; gestionarlo de manera correcta y adecuada constituye una tarea esencial para el desempeño de las entidades.

Con el propósito de garantizar el buen funcionamiento del sistema financiero, de proteger a los clientes y al propio negocio, ha surgido la necesidad de establecer una serie de reglas armonizadas para todas las entidades de seguros de la Unión Europea. La directiva que reúne estos criterios se conoce bajo el nombre de "Solvencia II".

El término "solvencia" tiene varias acepciones. En el documento "Nota a la Atención del Subcomité sobre Solvencia" publicado por la Comisión Europea se mencionan tres conceptos que son equivalentes a la noción de solvencia:

a) El del margen de solvencia. En este caso, "se trata de un conjunto de normas para el cálculo de una exigencia de fondos propios mínimos por una parte (mínimo de margen), de los fondos propios aceptables para satisfacer esta exigencia por otra parte (margen disponible)"[2] :
b) El del conjunto de normas destinadas a garantizar la solvencia financiera de la empresa. "Estas normas se refieren al cálculo de las provisiones técnicas, a los activos representativos y a la exigencia del margen de solvencia"[3];
c) El de la "solvencia global". Esta noción corresponde a la solvencia financiera de una empresa, teniendo en cuenta "las condiciones de su explotación así como de su entorno exterior, obligando a considerar factores que no son sólo financieros"[4].

[2] Comisión Europea , 2002: „Nota a la Atención del Subcomité sobre Solvencia", 11
[3] Comisión Europea , 2002: „Nota a la Atención del Subcomité sobre Solvencia", 11
[4] Comisión Europea , 2002: "Nota a la Atención del Subcomité sobre Solvencia", 12

En términos más sencillos, se dice que una compañía de seguros es solvente cuando es capaz de llevar a cabo su actividad es decir, dispone de suficientes recursos económicos para poder hacer frente a sus obligaciones de pago futuras. En otras palabras, para que una aseguradora sea solvente, debe tener capital. Las directivas europeas, primero Solvencia I, que entró en vigor en el año 2004 y es la normativa que se aplica en el presente, luego Solvencia II, que viene a mejorar las estipulaciones de Solvencia I y que se aplicará a partir del 1 de enero de 2016, tienen como objetivo central la determinación del nivel de capital que asegure la solvencia de las entidades de seguros.

Estructura

El presente artículo se divide en 5 capítulos. En el primer capítulo se presenta una descripción de la directiva Solvencia II, se habla de sus dos acepciones del concepto de "capital" y se detalla la noción de capital económico

En el capítulo 2 se introduce el término de "asignación de capital", se mencionan sus finalidades y se presenta la relación matemática del problema de la asignación de capital. También, se habla del concepto de "medida coherente de riesgo" y se enumeran las propiedades que cualquier método adecuado de asignación de capital debe cumplir. Esta sección se construyó considerando el artículo de Michael Denault, "Coherent allocation of risk capital" (1999).

El capítulo 3 presenta las medidas de análisis de desempeño ajustadas por riesgo que permiten evaluar la asignación de capital para los componentes de una entidad aseguradora.

En el capítulo 4 se realiza, primero, una taxonomía de los métodos de asignación de capital. De esos métodos,en el presente artículo se presentarán tres modalidades: el modelo CAPM, el modelo de Myers-Read-Butsic y el modelo de Shapley. Referencias bibliográficas importantes en esta sección son: "Capital Allocation for Insurance Companies" (2001) por Stuart Myers y James Read, "Capital Allocation for Property-Liability Insurers: A Catastrophe Reinsurance Application" (1999) por Robert Butsic, "A Value for n-person games" (1953) por Loyd Shapley y "Asset Pricing Models and Insurance Ratemaking" (2000) por David Cummins.

En el capítulo 5 se presenta un ejemplo de asignación de capital para la aseguradora "TFM" utilizando los tres métodos descritos en el capítulo 4.

Con el fin de formar una visión más clara sobre el funcionamiento de cada metodología y de la influencia de los parámetros en el cálculo de los capitales asignados, se realizará, además, un análisis de sensibilidades.

El artículo termina con la presentación de las conclusiones del estudio y de las futuras líneas de investigación.

Capítulo 1. El concepto de capital bajo Solvencia II

Dada la creciente complejidad de los riesgos y la fuerte competencia entre las compañías, el sector asegurador está continuamente sujeto al cambio[5]. La experiencia ha venido a demostrar que una buena gestión de riesgos es esencial para el éxito de cualquier entidad financiera, sea o no aseguradora. Esta necesidad de considerar todas las fuentes de riesgo que afectan a una compañía ha motivado a los reguladores en la búsqueda y el diseño de una metodología para medir los riesgos que sea fácil de entender e implementar y que les permita una visión global de cada compañía. La directiva actual, Solvencia I, carece de este enfoque general ya que, a la hora de determinar los requerimientos de capital, riesgos fundamentales como el de mercado, operacional, de longevidad o de crédito no se toman en cuenta. Solvencia II llega justo a mejorar estos aspectos, proponiendo innovaciones para la gestión de riesgos, la protección del cliente, la supervisión por parte del regulador y la confianza en la estabilidad financiera de la industria aseguradora, generando otra perspectiva hacia el capital del que deben disponer las entidades de seguros.

En el contexto de Solvencia II existen dos acepciones del concepto de "capital". Por una parte, se menciona el "capital regulatorio" como el capital mínimo requerido por el regulador y cuyo cálculo radica en fórmulas que utilizan valores medios de la industria. Por otra parte, el "capital económico" se define como un valor intrínseco de cada entidad y se basa en cálculos que consideran los riesgos específicos de las compañías[6].

Un primer paso en el cálculo del capital económico consiste en la definición del enfoque de valoración para los elementos del balance. Ya que el capital es igual a la resta entre activos y pasivos, la clave está en la valoración de los mismos. En este sentido, existen dos planteamientos: el primero es el

[5] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59

[6] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59

encuadre contable, que considera el valor en libros de activos y pasivos y tiene la ventaja de ser directamente observable en las cuentas de una entidad; el segundo es el planteamiento de mercado a través del "fair value" o "valor razonable" de activos y pasivos. Según las normas IAS[7] (International Accounting Standards) el "valor razonable" se define como la cantidad por la que un activo se puede intercambiar o un pasivo se puede cancelar entre partes interesadas y debidamente informadas, en condiciones de independencia mutua. El valor razonable de activos y pasivos se puede estimar utilizando precios de mercado. Si no existe ningún mercado, un método para calcular el valor razonable es descontando los flujos de caja futuros esperados a un tipo de interés libre de riesgo, al que se le añade una prima de riesgo relacionada con la variabilidad de los flujos futuros[8]. Si dicha variabilidad aumenta, entonces el tipo de interés de descuento crece y el valor razonable disminuye. El valor razonable es, por lo tanto, sensible al riesgo. Ya que se busca una modalidad de cálculo del capital económico que tenga en cuenta el comportamiento de los activos y pasivos ante posibles riesgos, la solución de valoración de estos elementos del balance es el valor razonable. Ésta es una de las características esenciales de la directiva Solvencia II.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de computar el capital económico es el horizonte temporal. En la práctica, el horizonte temporal que se utiliza es de 1 año. Una posible explicación sería que una entidad fija sus objetivos anuales en términos de indicadores del desempeño del negocio para que sean consistentes con el período de presentación de los informes financieros.

El capital económico también depende del beneficio que una compañía espera obtener durante ese horizonte temporal de 1 año. El efecto del beneficio sobre el capital económico varía en función de su ámbito de aplicación, tal como se mencionó en un párrafo anterior. Es decir, si el capital económico se utiliza en el contexto de solvencia, entonces cada beneficio registrado aumentará el capital. A la vez, cualquier decremento en los ingresos o unos costes inesperados muy elevados afectarán de manera negativa primero a la cuantía del beneficio y, luego, harán que el capital disminuya. Si una entidad espera obtener beneficios altos, es poco probable que una bajada en los ingresos o el aumento de los costes inesperados reduzca el capital económico a un nivel debajo del importe inicial. En otras

[7] IASB (2005) International Financial Reporting Standards, Framework for the Preparation and Presentation of Financial Statements (F), January 2005

[8] Klaassen, P.y van Eeghen, I, 2009.: "Economic capital: How it Works and What Every Manager Needs to Know" Elsevier, 34

palabras, cuando el beneficio esperado crece, el capital económico disminuye.
El capital económico actúa como pilar para cumplir dos objetivos de alta importancia en el entorno de Solvencia II: la implementación del Enterprise Risk Management (ERM) y el desarrollo de modelos internos de gestión. Los dos conceptos están muy relacionados y reflejan modalidades de identificación y control de riesgos bajo un entramado unificado que permitirán un gran salto en la cualidad de la gestión de las entidades aseguradoras. Asignar el capital de una compañía es una de las etapas del proceso de ERM.

Capítulo 2. La asignación de capital

La primera pregunta que surge es: ¿qué representa la asignación de capital? En términos breves, asignar capital significa repartir el capital requerido de una entidad entre sus varios componentes, que pueden ser subsidiarias, líneas de negocio, canales de distribución, contratos individuales, años de suscripción o tipos de riesgo[9]. "Modelos Avanzados de Asignación de Capital en las Entidades de Seguros" se centra en la asignación de capital a líneas de negocio, ya que es la modalidad más tratada en la literatura aseguradora[10].

Cuando se habla de asignación de capital, uno de los aspectos más importantes que hay que recordar es que el capital de una aseguradora se encuentra disponible para poder pagar los siniestros ocurridos en cualquiera de los componentes mencionados más arriba. Si dicho capital no es suficiente, entonces la compañía entera entra en insolvencia y no cada parte integrante[11].

Para que una asignación de capital sea adecuada debe satisfacer dos requerimientos: primero, el capital se tiene que asignar de manera que un cambio marginal en la composición de la cartera de una compañía no afecte la calidad crediticia de los pasivos de la misma; segundo, el capital se debe distribuir de un modo que no permita posibilidades de arbitraje, es decir, intercambiar el capital de una línea de negocio con el de otra línea con el fin de obtener alguna ganancia.

[9] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 60
[10] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59
[11] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 60

La segunda pregunta fundamental que nace aquí es: ¿para qué asignar capital? En su trabajo intitulado "Estimation and allocation of insurance risk capital", H. T. Kim (2007) menciona cinco motivaciones principales que se presentan a continuación:

- Comparación absoluta. La asignación permite repartir el coste de capital entre las líneas de negocio de una aseguradora. De esta manera, se puede calcular el rendimiento sobre el capital para cada línea de negocio y decidir si una línea es suficientemente rentable como para seguir en la cartera de la entidad o si es mejor eliminarla;
- Comparación relativa. El capital económico total de una compañía se puede repartir entre sus líneas de negocio con el propósito de evaluar el nivel de riesgo de cada línea de negocio y comprar una línea con otra. Esto se puede realizar cuando el capital económico se define utilizando una medida de riesgo de la cola para toda la entidad. El riesgo de cola, conocido también como el "cisne negro", hace referencia a los extremos de las curvas de distribución de probabilidad y surge cuando el valor de una cartera se mueve a más de tres desviaciones típicas sobre su media.
- Estudio de la diversificación: La cartera de una aseguradora se puede modificar agregando o eliminando una línea de negocio. El efecto de este cambio se llama "efecto de la diversificación" y permite estudiar la estructura de dependencia entre las líneas de negocio de una entidad;
- Esquemas de compensación. La asignación de capital es un criterio para la evaluar el desempeño de los directores de una aseguradora;

Teniendo en cuenta las justificaciones presentadas arriba, considero que el principal objetivo de la asignación de capital es evaluar la rentabilidad de cada línea de negocio de una compañía. Esta afirmación está relacionada con uno de los conceptos claves de la teoría económica: el de "creación de valor", en otras palabras, ¿una línea aporta o no valor al negocio global?[12]

2.1 El problema de la asignación de capital

Para crear un marco del concepto de asignación de capital, es útil describir el problema de la asignación a través de una relación matemática muy simple.

Sea una compañía de seguros con N líneas de negocio y cuyo capital total es igual a C. Se considera a_i como la proporción de capital asignado a la línea

[12] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59

de negocio i, siendo a_i un valor que se encuentra en el intervalo (0; 1]. Por lo tanto, el capital asignado a la línea i es C_i , donde:

$$C_i = C * a_i$$

Para las N líneas se tiene que:

$$\sum_{i=1}^{N} a_i \leq 1 \;\; y \;\; \sum_{i=1}^{N} C_i \leq C$$

La última desigualdad se puede interpretar de la siguiente manera: la suma de los capitales asignados a las N líneas es inferior o igual al capital global de la entidad. Aunque pueda parecer extraño que una entidad no distribuya todo el capital a sus negocios, en la literatura aseguradora existen métodos que asignan menos del 100% del capital total. Un ejemplo en este caso es el modelo de Merton y Perold (1993).

A lo largo de “Modelos Avanzados de Asignación de Capital en las Entidades de Seguros” se supondrá el reparto del 100% del capital global.

2.2 La asignación coherente de capital

En el mundo estadístico-financiero, el término “coherente” está vinculado al concepto de medida de riesgo. Una medida de riesgo ρ representa la cuantificación del nivel de riesgo de una línea de negocio, de una cartera o de una compañía. En el contexto de Solvencia II, las medidas de riesgo se utilizan para calcular el requerimiento de capital de una entidad aseguradora. Para determinar el SCR, la medida de riesgo elegida es el Value at Risk (VaR), aunque es verdad que no es coherente[13].

Una medida de riesgo ρ es coherente si cumple las siguientes propiedades[14]:

- es subaditiva: Para dos variables aleatorias X y Y se tiene que:

  $$\rho(X+Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$$

  La subaditividad refleja que el riesgo de una cartera disminuye con la diversificación. Dicho de otro modo, si los riesgos de dos líneas de negocio X y Y se combinan, el capital requerido para la

[13] VaR no satisface la regla de la subaditividad.

[14] Denault, M., 1999: “Coherent Allocation of Risk Capital”, 5

agrupación (X,Y) será inferior a la suma del capital requerido para cada línea;

- es monótona: Para dos variables aleatorias X y Y, donde $X \leq Y$ se tiene que:

$$\rho(X) \geq \rho(Y)$$

  La monotonicidad hace referencia al hecho de que si la posición en una cartera Y es mayor que la posición en una cartera X, entonces Y no puede tener más riesgo que X;

- es homogénea positiva: Para toda $\lambda \geq 0$ y variable aleatoria X se tiene que:

$$\rho(\lambda X) = \lambda\rho(X)$$

  La homogeneidad positiva se traduce en una dependencia lineal entre el riesgo y el valor de una posición es decir, si una posición aumenta proporcionalmente, el riesgo en ella aumentará en la misma proporción[15];

- invariante por traslaciones: Para toda $\alpha \in$ R y variable aleatoria X se tiene que:

$$\rho(X + \alpha) = \rho(X) - \alpha$$

  Si una medida de riesgo es invariante por traslaciones quiere decir que, sumando o restando una determinada cantidad α a una posición o cartera X, se altera el capital requerido exactamente en esa cantidad[16].

Partiendo de las medidas coherentes de capital, en el artículo “Coherent allocation of risk capital” (1999), Michael Denault diseña una serie de características que cualquier método adecuado de asignación debería cumplir. Para la presentación de esas propiedades, se considera una cartera con N líneas de negocio, cuyos importes son iguales a X_1, X_2,…X_N. El requerimiento total de capital de la entidad es igual a C y se desea repartirlo entre las N líneas, asignando a cada una el valor correspondiente C_1, C_2,…C_N. La suma de todos los capitales asignados será igual al capital global C.

[15] Plasencia Cuevas, T. N., 2010: “Valoración del Riesgo Utilizando Cópulas como Medida de la Dependencia: Aplicación al Sector Financiero Mexicano (2002-2008)”, 32

[16] Plasencia Cuevas, T. N., 2010: “Valoración del Riesgo Utilizando Cópulas como Medida de la Dependencia: Aplicación al Sector Financiero Mexicano (2002-2008)”, 32

Denault define las siguientes propiedades de una asignación coherente de capital:

a) asignación plena. Una asignación es plena cuando se asigna el 100% del capital total a las N líneas de negocio es decir:

$$C_1 + C_2 + \cdots C_N = C$$

b) no socavar ("no undercut"). Esta propiedad asegura que ninguna cartera pueda socavar la asignación realizada; un socavo se produce cuando el importe asignado a una cartera es mayor que su requerimiento de capital en caso de constituir una sola entidad.

c) simetría. esta propiedad asegura que la asignación a una cartera depende solamente de su contribución al riesgo de la entidad;

d) asignación libre de riesgo: Suponer que la línea de negocio X_N no tiene riesgo; su valor inicial es igual a 1 y su precio r en cualquier momento T es positivo. Por lo tanto, $X_N = \alpha r$ y $a_N = \rho(N) = \rho(\alpha r) = -\alpha$ o, en otras palabras, a una cartera libre de riesgo se le asignará exactamente el valor de su medida de riesgo,que puede tener valor negativo[17].

Capítulo 3. Risk Adjusted Performance Measurement

Gary Venter, profesor en la Columbia University, dijo una vez que "la asignación de capital no representa un fin en sí, más bien un paso intermedio en el proceso de toma de decisiones". En otras palabras, haber repartido el capital económico entre las líneas de negocio de una entidad no significa que el proceso haya terminado, sino que se ha cumplido un objetivo muy importante del complejo análisis del negocio[18]. Una vez que cada línea tenga su propio capital se puede proceder a la evaluación de dicha asignación, es decir se debe responder a dos preguntas: ¿qué rendimiento sobre el capital se obtiene? y ¿se está creando valor en la compañía?

El hecho de poder comparar el desempeño de cada línea de negocio en términos adecuados desde el punto de vista financiero (analizando resultados relativos y no absolutos, siendo los relativos los que realmente aportan

[17] Karabey, U., 2012: "Risk Capital Allocation and Risk Quatification in Insurance Companies", 42

[18] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59

información ya que relacionan la ganancia con el esfuerzo financiero inicial – el capital económico) representa un paso esencial para la toma de decisiones[19]. En este momento ya los responsables de la entidad podrán ser capaces de observar qué negocio es el que más aporta a los resultados globales, qué negocio tiene el menor impacto en el balance, qué negocios merecen guardarse en la cartera de la compañía o, al contrario, a qué negocio se debería de renunciar[20]. Toda esta secuencia de pasos ha recibido el nombre de análisis del desempeño.

La teoría económica ofrece varias posibilidades para analizar el rendimiento. La "rentabilidad financiera" o "return on equity" (RoE) es una medida tradicional de desempeño que evalúa el ratio entre el beneficio neto y los fondos propios de una entidad. El valor del RoE ofrece información sobre la utilización de los recursos de la compañía mostrando cuánto dinero se genera por cada unidad de capital de los accionistas. Aún si mide la eficiencia desde un punto de vista financiero, el RoE es un indicador contable que solamente tiene en cuenta los valores en libros de los elementos necesarios para su cálculo, sin ningún ajuste por riesgo.

Otra modalidad de analizar un negocio es calculando el "retorno sobre la inversión" o "return on investment" (RoI). Este indicador se expresa como el ratio entre los ingresos procedentes de inversiones, netos de la inversión inicial y la inversión inicial. Aunque se pueda determinar para granularidades como línea de negocio, el RoI sigue siendo un simple indicador del balance.

Sin embargo, la complejidad de los negocios de hoy en día requiere el uso de unas medidas de desempeño que tengan en cuenta los riesgos de las compañías, de este modo reflejando la situación real de cada una de ellas. Las aseguradoras intentan eliminar las desventajas asociadas al uso de las medidas tradicionales de RoE asignando su capital a las diferentes líneas de negocio utilizando ratio de primas entre excedente (surplus) o de reservas entre excedente que varían en función de la línea de negocio. Esto sirve para ajustar al riesgo la rentabilidad del capital atribuyendo más capital o surplus a las líneas de negocio más arriesgadas, aunque a veces los ratios mencionados se seleccionan de manera subjetiva o sin utilizar modelos cuantitativos.

---

[19] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59

[20] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 59

Si una medida del desempeño del capital de una entidad debe considerar el riesgo, entonces significa que ese capital debe estar ajustado por riesgo. Ésto implica el empleo de un capital ajustado por riesgo, así como es el capital económico.

Tratándose de evaluar la rentabilidad sobre el capital económico de una entidad aseguradora, al conjunto de medidas empleado con dicho propósito se le ha llamado "medidas de análisis del desempeño ajustadas al riesgo", mejor conocidas por la abreviatura en inglés RAPM (Risk Adjusted Performance Measurement)[21].

Para hacer más explícito el ajuste al riesgo, muchas entidades financieras han adoptado las medidas de rentabilidad de capital ajustada al riesgo en varias formas: la rentabilidad es ajustada al riesgo, el capital es ajustado al riesgo o los dos son ajustados al riesgo.

En la literatura aseguradora se mencionan 3 métodos como partes integrantes del RAPM:

a) El Risk Adjusted Return on Capital (RAROC). Se define como el ratio entre el beneficio neto ajustado al riesgo y el capital económico. Tal como lo muestra su denominación, el RAROC representa el ajuste por riesgo de la tradicional medida de desempeño "rentabilidad sobre el capital" o ROC (beneficio sobre capital);
b) El Return on Risk Adjusted Capital (RoRAC). Se define como el ratio entre el beneficio económico y el capital económico. El RoRAC es el retorno sobre el capital ajustado por riesgo (RAC) que, a su vez, se calcula dividiendo el beneficio económico entre el capital económico;
c) El Risk Adjusted Return on Risk Adjusted Capital (RARoRAC). Se define como el ratio entre el beneficio ajustado por riesgo y el capital ajustado por riesgo y se considera la mejor medida de RAPM ya que ajusta al riesgo tanto el retorno, como el capital.

Capítulo 4. Clasificación de los métodos de asignación de capital

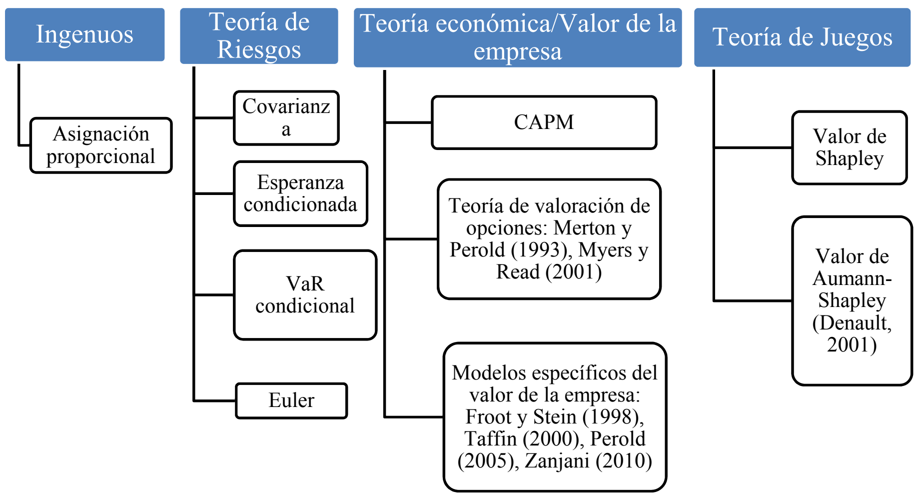
Una vez que se ha calculado el requerimiento global de capital basado en una cierta medida de riesgo, surge la siguiente pregunta: ¿cómo se puede asignar ese capital de una compañía con varias líneas de negocio a las

[21] Stoenescu, T., 2014: "La Asignación de Capital en las Entidades de Seguros en el Entorno de Solvencia II", Revista Análisis Financiero, 60

mismas de tal manera que cada línea pueda beneficiarse del efecto de la diversificación?

Los métodos de asignación de capital son varios y han sido tratados a lo largo de la literatura aseguradora. Para el presente artículo he elegido la clasificación realizada por Martin Eling y Hato Schmeiser (2010) en el trabajo "The Risk Premium Project (RPP) Update - RPP II Report ", que aparece en la figura 1:

Figura 1. Clasificación de los métodos de asignación de capital según Eling y Schmeiser



Fuente: Eling, M. y Schmeiser, H., 2010: The Risk Premium Project (RPP) Update - RPP II Report , Casual Actuarial Society – Committee on Theory of Risk, 34.

A continuación, voy a presentar y ejemplificar 3 de estos métodos: el modelo CAPM, el modelo de Myers y Read, y el modelo de Shapley.

4.1 El modelo CAPM

El CAPM es uno de los modelos más antiguos de la teoría financiera. Fue introducido por William Sharpe en el año 1964 y permite determinar el retorno esperado de un activo financiero considerando un indicador de riesgo. Este método no solamente ofrece una solución muy clara al problema de asignación de capital, sino también es una fuente de mucha información para la empresa.

La famosa ecuación que describe el CAPM es:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i \, [E(R_m) - R_f] \qquad (4.1)$$

Dónde:

- $E(R_i)$ es la rentabilidad esperada del activo i;
- R_f es la rentabilidad de un activo libre de riesgo;
- β_i representa la volatilidad del activo i frente a la variabilidad del mercado, dónde $\beta_i = \frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)}$;
- $E(R_m)$ es la rentabilidad esperada del mercado.

La idea fundamental del CAPM es la de la doble compensación de los inversores: por una parte, se recibe una compensación en términos de "valor del dinero en el tiempo" representada por la rentabilidad libre de riesgo R_f; por otra parte, el inversor será recompensado según el riesgo que ha asumido es decir, en función de una medida de riesgo β, se calcula la prima de riesgo percibida $[E(R_m) - R_f]$.

4.1.1 El modelo CAPM aplicado a las entidades de seguros

La utilización del modelo CAPM en la asignación de capital en las entidades de seguros ha sido analizada por David Cummins (2000) en el artículo "Asset Pricing Models and Insurance Ratemaking". Cummins habla de RAROC como medida de RAPM y argumenta que, para averiguar si el RAROC de una línea de negocio es adecuado, hay que compararlo con el coste de capital, calculado a través del CAPM. A cada línea se le aplicará el coste de capital determinado vía CAPM, de esta manera reflejando su "beta". Si el RAROC es mayor o igual al coste de capital, entonces se puede seguir con la línea en cuestión ya que aportará valor al negocio. En cambio, si el RAROC es menor que el coste de capital, se tendrá que cuestionar la presencia de dicha línea en la cartera de la entidad.

El desarrollo de Cummins tiene como punto de partida el modelo CAPM de Sharpe y considera una aseguradora cuyos ingresos netos son iguales a:

$$\begin{aligned} Ingresos\ netos &= Ingresos\ procedentes\ de\ inversiones \\ &\quad + Ingresos\ de\ primas \\ &= A * R_A + P * R_U \end{aligned}$$

dónde: A = activos, R_A = rentabilidad de los activos, P = primas, R_U = rentabilidad de las suscripciones.

Si se divide la relación previa por el capital de la entidad (E), se obtiene un resultado en términos de "rentabilidad sobre el capital", es decir:

$$R_E = R_A * \frac{A}{E} + R_U * \frac{P}{E}$$

Teniendo en cuenta que: A = E + L, dónde L son los pasivos de la entidad, se obtiene:

$$R_E = R_A * (\frac{L}{E} + 1) + R_U * \frac{P}{E}$$

Según la fórmula 4.1, las rentabilidades esperadas del capital y de los activos de la aseguradora son:

$$E(R_E) = R_f + \beta_E \left[E(R_m) - R_f\right] \text{ y}$$
$$E(R_A) = R_f + \beta_A \left[E(R_m) - R_f\right]$$

Dónde: $\beta_E = \frac{cov\,(R_E,R_m)}{var(R_m)} = \beta_A * \frac{A}{E} + \beta_U * \frac{P}{E}$

El retorno sobre las suscripciones se puede escribir como:

$$R_U = R_E * \frac{E}{P} - R_A * \frac{A}{P}$$

La fórmula del modelo CAPM aplicado a los seguros describe la rentabilidad esperada de las suscripciones y es igual a:

$$E(R_U) = \frac{E}{P} * \{R_f + \beta_E \left[E(R_m) - R_f\right]\} - \frac{A}{P} * \{R_f + \beta_A \left[E(R_m) - R_f\right]\}$$
$$= -\frac{L}{P} * R_f + \left(\beta_E * \frac{E}{P} - \beta_A * \frac{A}{P}\right) * \left[E(R_m) - R_f\right]$$
$$= -\frac{L}{P} * R_f + \beta_U * \left[E(R_m) - R_f\right]$$

(4.2)

El término $-\frac{L}{P} * R_f$ representa el tipo de interés por utilizar el capital del asegurado, mientras que $\beta_U * \left[E(R_m) - R_f\right]$ constituye la compensación percibida por asumir el riesgo.

4.1.2 Cálculo del capital asignado utilizando el modelo CAPM

Utilizando la fórmula 4.2 se puede determinar el retorno de cada L_i como:

$$R_{L_i} = -\frac{L_i}{P_i} * R_f + \beta_i * [E(R_m) - R_f]$$

y la volatilidad de las suscripciones como:

$$\beta_i = 1 - \frac{L}{P} * \beta_L = 1 - \frac{1}{P} * \sum_i \beta_i * L_i$$

El capital asignado a la línea de negocio i será:

$$Capital\ asignado_i = \frac{L_i * R_{L_i}}{\sum_{i=1}^{N} L_i * R_{L_i}} * Capital\ total$$

4.2 La teoría de valoración de opciones

Otra manera de asignar capital sería empleando la teoría de valoración de opciones. Partiendo de la ecuación fundamental entre los activos, el capital y las deudas de una compañía, Robert Merton (1974) desarrolló un modelo en el cual el capital se puede describir como una opción call. De esta manera, se calcula el valor de la opción put de insolvencia de la entidad que es nada más y nada menos que la pérdida sufrida por los asegurados si la entidad entra en insolvencia. En 1993, Merton, junto a André Perold, utilizó el concepto de la put de insolvencia para proponer una asignación de capital basada en eliminar o agregar una línea de negocio entera. Ocho años después, Stewart Myers y James Read (2001) propusieron una asignación basada en el efecto marginal de la put de insolvencia incrementando el valor de una cierta línea de negocio.

Para ejemplificar la utilización de la teoría de valoración de opciones en la asignación de capital de una aseguradora, haré una breve presentación del modelo de Merton y del cálculo de la opción put de insolvencia para luego poder desarrollar el modelo de Myers-Read de asignación de capital.

4.2.1 El modelo de Merton. La opción put de insolvencia

En el artículo "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates" (1974), Robert Merton demuestra cómo evaluar las deudas corporativas empleando la teoría de valoración de opciones.

Se considera una entidad con activos totales iguales a A, capital de los accionistas igual a E e importe total de la deuda igual a D.

El modelo de Merton parte de las siguientes hipótesis:

a) La deuda de la empresa se contrata como un bono cupón cero con valor nominal F y vencimiento T y tiene riesgo de crédito es decir, existe la posibilidad que, en el momento T, el valor de sus activos A_T sea menor que F.
   El riesgo de crédito existe mientras la probabilidad de quiebra $P(A_T < F)$ es mayor que 0. Por lo tanto, en el momento incial t=0, $D_0 < F * e^{-rT}$ es decir, el yield del bono y_T, es superior al tipo libre de riesgo r y el spread de crédito (llamado "default spread"), que representa la compensación por riesgo, es $\pi = y_T - r$;
b) El mercado de capitales es completo y no existen oportunidades de arbitraje;
c) Los activos de la empresa siguen un proceso Ito descrito por la siguiente ecuación de dinámica:
$$\frac{dA_t}{A_t} = r * dt + \sigma_A * dz$$
   Donde: r es el tipo de interés, $\sigma_A$representa la volatilidad de los activos y dz es un proceso de Wiener fundamental del tipo $dz = \varepsilon * \sqrt{dt}$
d) Se cumplen las hipótesis del teorema de Modigliani y Miller sobre la ausencia de impuestos, costes de quiebra y asimetrías en la información de los agentes. Éste supuesto se traduce en que el valor de mercado de la compañía no depende de su estructura de capital;
e) La empresa es una sociedad de responsabilidad limitada en otras palabras, si al vencimiento la compañía es insolvente, no se responde con el patrimonio personal de los socios para cumplir las obligaciones con los acreedores .

Según Merton, si al vencimiento el valor de los activos excede el valor nominal de la deuda ($A_T > F$), entonces la empresa es solvente y los acreedores recibirán el importe F, mientras que los accionistas se quedarán con el valor residual $A_T – F$. En el caso contrario, si $A_T < F$, la empresa entra en insolvencia: los acreedores reciben un valor de liquidación igual al valor total de la compañía, mientras que los accionistas no reciben nada pero, ya que se trata de una sociedad con responsabilidad limitada, no están obligados a inyectar fondos adicionales para pagar la deuda.

Las expresiones matemáticas de las situaciones descritas en el párrafo anterior son:

$$D_T = \begin{cases} A_T, \ si\ A_T < F \\ F, \ si\ A_T \geq F \end{cases} \text{ y } E_T = \begin{cases} 0, \ si\ A_T < F \\ A_T - F, \ si\ A_T \geq F \end{cases}$$

De forma más contraída, las relaciones de arriba se pueden escribir como:

$$D_T = mín(F, A_T) = F - máx(F - A_T, 0) \quad \text{y}$$
$$E_T = máx(A_T - F, 0)$$

Se observa que el capital se puede considerar como una opción call europea sobre los activos de la entidad y con precio de ejercicio igual a F, mientras que la deuda es igual a la resta entre F y el payoff de una posición corta en una opción put europea.

En un momento de tiempo t, t < T, el valor de la deuda, D_t , es igual a:

$$D_t = F * e^{-r(T-t)} - Put_t(A_t, F, T-t)$$

Donde:

- $F * e^{-r(T-t)}$ representa el valor en el momento t del bono cupón cero (valor de la deuda si la empresa es solvente) y
- $Put_t(A_t, F, T-t)$ es el precio de una opción put europea cuyo valor del subyacente es igual a A_t y precio de ejercicio es F. Esta opción cuantifica el riesgo de insolvencia de la empresa y se llama opción put de insolvencia. Su precio se determina empleando la fórmula desarrollada por Black-Scholes-Merton[22].

Por lo tanto, según Merton, el valor de la deuda de una empresa es igual al valor de la deuda si no se considera la quiebra (el valor presente de un bono cupón cero) menos el valor de una opción put sobre los activos de la entidad y con precio de ejercicio igual al valor nominal de la deuda. Para eliminar el riesgo de crédito asociado a la deuda se puede comprar una opción put europea con las mismas características que la put de insolvencia.

4.2.2 El modelo de Myers - Read de asignación de capital

El modelo de Myers-Read de asignación de capital fue presentado en el artículo "Capital Allocation for Insurance Companies" (2001) y es una aplicación directa de la teoría de valoración de opciones y de la noción de "put de insolvencia". El artículo se centra en la asignación del valor de insolvencia y del capital requerido a las distintas líneas de negocio de una aseguradora. El método de asignación propuesto por los dos autores consiste

[22] El precio de la put es: $put_t = F * e^{-r(T-t)} * N(-d_2) - A_t * N(-d_1)$, donde: $d_1 = \frac{\ln\left(\frac{A_t}{F}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) * (T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$ y $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$

en determinar el efecto de unas variaciones muy pequeñas en el valor de los pasivos de cada línea de negocio, lo que se conoce en la literatura como "asignación micro marginal". Myers y Read consideran que la contribución marginal al riesgo de insolvencia es diferente en función de la línea de negocio elegida, de aquí la necesidad de asignar el valor de la put de insolvencia a cada línea de la entidad. Un aspecto muy importante sobre esas contribuciones marginales es que son aditivas, es decir, para una línea i, las contribuciones marginales se agregan. Una suma producto con los pesos de cada línea iguala el valor de insolvencia de la entidad. Este resultado es válido para cualquier distribución conjunta de probabilidad de pérdidas línea por línea y retornos sobre activos.

Desde el punto de vista económico, el modelo de Myers-Read se considera adecuado ya que asigna el valor de insolvencia de la compañía, reflejando, de esta manera, la pérdida correspondiente a cada línea de negocio en caso de eventos extremos que generan la insolvencia.

4.2.2.1 El valor de insolvencia

Para ver cómo se realiza paso a paso la asignación de Myers y Read, se considera una aseguradora con N líneas de negocio, cuya deuda total (L) se puede expresar como la suma de las deudas de cada línea (L_i), es decir: $L = \sum_{i=1}^{N} L_i$.

El requerimiento total de capital de la compañía es igual a C y anotamos con C_i el capital asignado a la línea de negocio i. Dicho capital C_i se expresa como porcentaje de la deuda asociada a la línea i, es decir:

$$C_i = L_i * c_i$$

donde c_i representa la proporción del capital asignado a la línea i.

En consecuencia, el valor de C será igual a la suma producto de las deudas de cada línea y las respectivas contribuciones al capital (c_i):

$$C = \sum_{i=1}^{N} C_i = \sum_{i=1}^{N} L_i * c_i$$

La suma de la deuda total y el capital total representa el activo de la entidad, que se puede expresar en función del ratio entre el capital total y la deuda total (c):

$$A = L + C = \sum_{i=1}^{N} L_i + L_i c_i = \sum_{i=1}^{N} L_i(1 + c_i) = L(1 + c)$$

Aquí cabe mencionar que c es la media ponderada de los requerimientos de capital de cada línea, $C = \sum_{i=1}^{N} x_i c$, donde los pesos x_i son la fracción de la deuda total correspondiente a la línea i: $x_i = \frac{L_i}{L}$.

Ya llegamos al punto en el que hablaremos del "valor de insolvencia". Tal como se ha presentado en el apartado 4.2.1 "El modelo de Merton. La opción put de insolvencia", el capital de una entidad se puede considerar como una opción call cuyo payoff es igual a:

$$E_T = máx(A_T - F, 0)$$

Conociendo la ecuación fundamental entre activos, deudas y capital, $A_T = E_T + D_T$, el valor de los activos en el momento T es igual a: $A_T = E_T + F - Q_T$, donde F es el valor de la deuda en el supuesto de que la compañía es solvente y Q_T es el payoff de la opción put de insolvencia o el valor de insolvencia:

$$Q_T = máx(F - A_T, 0).$$

El valor de insolvencia en el momento t=0 (valor presente) es igual a:

$$Q = VP\big(máx(F - A_T, 0)\big) = F * VP\left(máx\left(\frac{F - A_T}{F}\right)\right)$$

donde la variable $\frac{F-A_T}{F}$ sigue una distribución lognormal $e^{\mu+\sigma z}$ con media $\mu = E\left[ln\left(\frac{F-A_T}{F}\right)\right]$ y varianza $\sigma^2 = var\left[ln\left(\frac{F-A_T}{F}\right)\right]$, z siendo una variable con distribución normal estándar.

La volatilidad del valor de insolvencia depende, por tanto, de la volatilidad de la deuda total σ_L, de la volatilidad de los activos σ_A y de la covarianza entre deudas y activos σ_{LA} y se puede expresar como:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_A{}^2 + \sigma_L{}^2 - 2 * \sigma_{LA}}$$

Las volatilidades que aparecen en la fórmula de arriba se calculan utilizando las siguientes relaciones:

- para determinar la volatilidad total de la deuda (σ_L):

$$\sigma_L{}^2 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} x_i x_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j = \sum_{i=1}^{N} x_i \sigma_{iL}$$

donde: ρ_{ij} es la correlación entre las deudas de dos líneas de negocio y σ_{iL} es la covarianza entre la deuda de una línea y la deuda totales.

- para determinar la covarianza entre la deuda de una línea de negocio y la deuda total (σ_{iL}):

$$\sigma_{iL} = \sum_{j=1}^{N} x_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

- para determinar la covarianza entre la deuda total y el activo (σ_{LA}):

$$\sigma_{LA} = \sum_{i=1}^{N} x_i \rho_{iA} \sigma_i \sigma_A$$

- para determinar la covarianza entre la deuda de una línea de negocio y el activo (σ_{iA}):

$$\sigma_{iA} = \rho_{iA} \sigma_i \sigma_A$$

La covarianza entre los activos y las deudas que aparece en la fórmula… tiene signo negativo porque una correlación positiva entre activos y pasivos reducirá la volatilidad de los activos y de las deudas y viceversa.

La siguiente pregunta que se han hecho Myers y Read es ¿cómo asignar el valor Q de insolvencia de la entidad a todos sus componentes? Los autores han definido la asignación del valor de insolvencia q_i como la contribución marginal de la línea i al valor de insolvencia Q. Este valor global de insolvencia es igual:

$$Q = \sum_{i=1}^{N} L_i q_i$$

Un cambio surgido en la línea i afectará a las variables A, V y σ del siguiente modo:

$$q_i = \frac{\partial Q}{\partial L_i} = \frac{\partial Q}{\partial L} * \frac{\partial L}{\partial L_i} + \frac{\partial Q}{\partial A} * \frac{\partial A}{\partial L_i} + \frac{\partial Q}{\partial \sigma} * \frac{\partial \sigma}{\partial L_i}$$

Se sabe que: $L = \sum_{i=1}^{N} L_i$, $Q = L * q$, $C = L * c$ y $L_i = L * x_i$.

Por lo tanto, $\frac{\partial Q}{\partial L} = q$, $\frac{\partial L}{\partial L_i} = 1$, $\frac{\partial Q}{\partial C} = \frac{\partial q}{\partial c}$, $\frac{\partial C}{\partial L_i} = \frac{\partial c}{\partial x_i}$, $\frac{\partial Q}{\partial \sigma} = L\frac{\partial q}{\partial \sigma}$ y $\frac{\partial \sigma}{\partial L_i} = \frac{1}{L}\frac{\partial \sigma}{\partial x_i}$.

De aquí se obtiene:

$$q_i = q + \frac{\partial q}{\partial c} * \frac{\partial c}{\partial x_i} + \frac{\partial q}{\partial \sigma}\frac{\partial \sigma}{\partial x_i}$$

Con las transformaciones detalladas en Myers-Read se llega a la fórmula para el cálculo de la contribución marginal de la línea i a la insolvencia de la entidad:

$$q_i = q + \frac{\partial q}{\partial c} * (c_i - c) + \frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{1}{\sigma} * [(\sigma_{iL} - \sigma_L^2) - (\sigma_{iA} - \sigma_{LA})] \quad (4.3)$$

4.2.2.2 La asignación por líneas de negocio

Ya que Myers y Read parten del supuesto de que los valores de los activos y de las deudas siguen una distribución lognormal, para la computación de Q se puede emplear la fórmula de Black-Scholes-Merton para una opción put europea con strike L (el importe de la deuda), valor del subyacente A (el valor del activo) y volatilidad σ (la volatilidad del valor de insolvencia). Se tiene que:

$$Q = L * N(z) - A * N(z - \sigma) = L * [N(z) - (1 + c) * N(z - \sigma)]$$

donde N(•) es la función de distribución acumulada de la distribución normal estándar y $z = \frac{-\ln(1+c)}{\sigma} + \frac{\sigma}{2}$.

El ratio q entre el valor de insolvencia y la deuda total es:

$$q = \frac{Q}{L} = N(z) - (1 + c) * N(z - \sigma)$$

Utilizando la relación de arriba se calculan los términos $\frac{\partial q}{\partial c}$ y $\frac{\partial q}{\partial \sigma}$ de la fórmula 4.3. Haciendo uso de la teoría de valoración de opciones y de las griegas de una opción, se puede ver que el término $\frac{\partial q}{\partial c}$ representa la delta, es decir, muestra cuánto varía la contribución marginal al valor de insolvencia cuando el ratio del capital varía en una unidad. El otro término, $\frac{\partial q}{\partial \sigma}$, es la vega y refleja el cambio en la contribución marginal al valor de insolvencia generado por variaciones en la volatilidad del valor de insolvencia.

El riesgo de una línea de negocio muestra cómo la calidad crediticia de la compañía se ve afectada por cambios en el importe suscrito a dicha línea. Variaciones en el negocio de una línea influyen su requerimiento de capital. Esta relación se expresa a través del capital marginal requerido para cada línea de negocio:

$$c_i = c + (\frac{\partial q}{\partial c})^{-1} * \{q_i - q - \frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{1}{\sigma} * [(\sigma_{iL} - \sigma_L^2) - (\sigma_{iA} - \sigma_{LA})]\}$$

Una aseguradora puede elegir dos estrategias para determinar el capital asignado a sus líneas de negocio. La primera modalidad es la del “ratio de capital uniforme” y supone que, para toda línea i, $c_i = c$. Los q_i serán iguales a:

$$q_i = q + \frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{1}{\sigma} * [(\sigma_{iL} - \sigma_L^2) - (\sigma_{iA} - \sigma_{LA})]$$

La segunda modalidad consta en mantener el mismo q_i para todas las líneas de negocio, es decir:

$$c_i = c + (\frac{\partial q}{\partial c})^{-1} * \{-\frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{1}{\sigma} * [(\sigma_{iL} - \sigma_L^2) - (\sigma_{iA} - \sigma_{LA})]\}$$

4.2.2.3 La simplificación de Butsic

Cuando Myers y Read publicaron su estudio, los especialistas pensaron que, al fin, se encontró una solución al gran problema de la asignación de capital. El método presentado utilizaba una de las teorías fundamentales del mundo financiero y parecía fácil de parametrizar. Sin embargo, se observó que el mayor inconveniente del modelo radicaba en la computación de las matrices de correlación necesarias para realizar la asignación, más exactamente en las correlaciones entre el activo y la deuda de cada línea de negocio. Esta dificultad fue eliminada por Robet Butsic que, en el artículo intitulado “Capital Allocation for Property-Liability Insurers: A Catastrophe Reinsurance Application” (1999), propuso otro enfoque hacia el modelo Myers-Read. El decalaje de fechas entre los dos estudios (Butsic en 1999, Myers y Read en 2001) se explica por el hecho de que Butsic conocía los desarrollos de Myers y Read, pero el artículo de los últimos aún no había sido publicado[23].

[23] Butsic, R., 1999: “Capital Allocation for Property-Liability Insurers: A Catastrophe Reinsurance Application”, 3

La simplificación de Butsic consta en la no consideración del valor de la covarianza activo-deuda (σ_{AL}), ya que este valor será muy reducido comparado con la varianza de la deuda total $({\sigma_L}^2)$. El autor define "el beta de la pérdida" β_i como $\beta_i = \frac{\sigma_{iL}}{\sigma_L^2}$ y $\gamma_i = \frac{\sigma_{iA}}{\sigma_{LA}}$.

La fórmula.. se puede escribir como:

$$c_i = c - (\frac{\partial q}{\partial c})^{-1} * \frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{1}{\sigma} * [\sigma_L^2(\beta_i - 1) - \sigma_{LA}(\gamma_i - 1)]$$

Se fija $\sigma_{LA} = 0$ y se obtiene:

$$c_i = c - (\frac{\partial q}{\partial c})^{-1} * \frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{\sigma_L^2}{\sigma} * (\beta_i - 1)$$

Anotando $(\frac{\partial q}{\partial c})^{-1} * \frac{\partial q}{\partial \sigma} * \frac{\sigma_L^2}{\sigma} = Z$ se tiene una fórmula reducida para el capital asignado a la línea i:

$$c_i = c - Z * (\beta_i - 1)$$

4.3 El modelo de Shapley

La teoría de juegos es un área de la matemática aplicada que se ha desarrollado en los últimos 60 años. La publicación del artículo "The Theory of Games and Economic Behaviour" de John von Neumann y Oskar Morgenstern en 1944 ha marcado el inicio de una nueva era en el ámbito económico-matemático. Los dos autores definen el concepto de "juego" como "cualquier interacción entre varias personas, gobernada por una serie de reglas específicas que establecen los movimientos de cada participante y las ganancias de cada combinación de movimientos".

La teoría de juegos se basa en tres hipótesis fundamentales: los jugadores tienen un comportamiento racional, cada jugador sabe que los demás jugadores actúan de manera racional y todos los jugadores conocen las reglas del juego. Que un jugador sea racional quiere decir que su propósito es maximizar su ganancia según las decisiones que tome, pero también teniendo cuenta de las decisiones de los demás jugadores. La estrategia de cada jugador es un hecho posible al que el jugador puede elegir mientras juegue.

Según la modalidad de comunicación entre los jugadores, los juegos se clasifican en juegos cooperativos y juegos no cooperativos. En los juegos cooperativos los jugadores comunican entre ellos antes de tomar una decisión y pueden hacer promesas (a las que tendrán que respetar) antes de elegir su estrategia. En cambio, los juegos no cooperativos se caracterizan por la falta de comunicación entre los jugadores en la toma de decisiones.

Loyd Shapley es un economista estadounidense, galardonado con el Premio Nobel en Ciencias Económicas en el año 2012 por su trabajo y avances en la teoría de juegos. En 1953, Shapley diseñó el "valor de Shapley" como la solución a los juegos cooperativos. Se trata de asignar la ganancia generada por la coalición de todos los jugadores a cada uno de ellos. Ya que algunos de los jugadores pueden contribuir más al juego, surge la necesidad de repartir la ganancia según el esfuerzo de cada participante.

Un ejemplo clásico de uso del valor de Shapley es el "problema del aeropuerto"[24]: se plantea la construcción de un aeropuerto que pueda acomodar aviones que requieren pistas de diferente longitud. La pregunta es ¿cómo distribuir los costes del proyecto a todos los participantes de una manera eequitativa? La solución es repartir el coste marginal de cada tipo de pista entre los participantes que necesitan una pista de esa longitud. El resultado es que los que requieren una pista menos larga pagan menos, mientras que los que necesitan una pista más larga pagan más. Es importante destacar que este reparto equitativo se ha obtenido gracias a la cooperación entre los participantes.

Dado el "problema del aeropuerto", se puede intuir el vínculo entre la asignación de capital en una entidad de seguros y la teoría de juegos: se trata de cómo repartir el capital de una aseguradora a sus líneas de negocio (las pistas del aeropuerto), teniendo en cuenta que cada línea contribuye de manera diferente a la ganancia global de la compañía.

Según el método de Shapley (1953), las líneas de negocio actúan como jugadores y pueden formar coaliciones. El capital marginal para cada línea se calcula para todos los posibles escenarios (es decir, para cada grupo al que puede pertenecer la línea) y se determina un promedio.

Para facilitar la exposición del tema, explicaré la metodología de asignación de Shapley para el caso de la entidad ficticia "Aseguradora", cuyo negocio está repartido en tres líneas: A, B y C.

[24] http://www.investopedia.com/terms/s/shapley-value.asp

En primer lugar, se ha de calcular el requerimiento de capital para la entidad en cuestión. Llamaremos a este requerimiento global "T".
El segundo paso es determinar los requerimientos de capital bajo el supuesto de que la entidad lleva a cabo su actividad solamente a través de una única línea de negocio. Es decir, se obtendrán tres valores: el importe "a", que es el requerimiento de capital en el caso de que la entidad únicamente tuviese la línea A, el importe "b", que es el requerimiento de capital en el caso de que la entidad únicamente tuviese la línea B y el importe "c", que es el requerimiento de capital en el caso de que la entidad únicamente tuviese la línea C.

A continuación se consideran otras posibles combinaciones en la cartera de la compañía "Aseguradora": las líneas A y B, con un capital requerido igual a "ab", las líneas A y C, con un capital requerido igual a "ac" y las líneas B y C, con un capital requerido igual a "bc".

Ahora que se tienen los requerimientos de capital necesarios para la implementación del modelo de Shapley, se puede proceder a la siguiente etapa. La regla de Shapley considera cualquier posible orden de agregación de las líneas de negocio y calcula un promedio de los valores de todos los posibles escenarios. En el caso de la entidad "Aseguradora" existen seis combinaciones: ABC, ACB, BAC, BCA, CAB y CBA. En cada uno de los seis casos, a las líneas A, B y C se les asigna un cierto valor.

El capital asignado a la línea A, es igual al promedio de los importes asignados en cada una de las seis combinaciones. La misma regla se aplica para determinar el capital asignado a las líneas B y C.

Capítulo 5. Aplicación de los métodos de asignación de capital para la compañía TFM.

En esta sección se ilustrará la aplicación de los tres métodos de asignación de capital presentados en el epígrafe 4 "Clasificación de los métodos de asignación de capital". El objetivo es describir el proceso de cálculo de los capitales asignados e interpretar los resultados obtenidos. Para facilitar el manejo de los datos, todas las computaciones se han realizado en VBA Excel.

Antes de proceder al desarrollo de las metodologías de asignación para una entidad de seguros, presentaré un corto ejemplo didáctico cuyo propósito es cuantificar el impacto de la utilización de la simplificación de Butsic para el modelo Myers-Read.

5.1 Comparación del modelo de Myers-Read y la simplificación de Butsic

Para ilustrar las diferencias entre los dos modelos, se considera una entidad de seguros que lleva a cabo su actividad a través de tres líneas de negocio: A, B y C. El valor total de los pasivos es igual a 500€ y está cubierto por activos que suman 750€. Supongamos que de los pasivos totales el 30% pertenece al A, el 25% al B y el resto al C. Los datos hipotéticos están resumidos en la tabla 5.1:

Tabla 5.1. Resumen de los datos

Elemento	Importe (mil. EUR)
A	150
B	125
C	225
Total LoB (L)	500
Activo (A)	750
Capital (C)	250

Las correlaciones y volatilidades de los activos y líneas de negocio aparecen en la tabla 5.2:

Tabla 5.2.Matriz de correlación y volatilidades

Elemento	Volatilidad	Matriz de correlación		
		A	B	C
A	30%	1	0,5	0,5
B	15%	0,5	1	0,5
C	20%	0,5	0,5	1
Activo (A)	15%	0,1	0,1	0,1

Partiendo de los datos de entrada de las tablas 5.1 y 5.2 y utilizando las fórmulas descritas en el apartado 4.2 "La teoría de valoración de opciones", se obtienen:

Tabla 5.3 Capital asignado Myers-Read vs. Capital asignado Butsic

Línea de negocio	Capital asignado Myers-Read	Capital asignado Butsic	% Capital asignado Myers-Read	% Capital asignado Butsic
A	93	58	37%	23%
B	28	92	11%	37%
C	129	100	52%	40%
Total	250	250	100%	100%

Analizando los resultados de la tabla 5.3 se puede ver que ambos métodos asignan el mayor porcentaje de capital al C (52% utilizando Myers-Read y 40% utilizando Butsic). Las diferencias surgen en las asignaciones a las líneas 1 y 2: a través de Myers-Read se emplea el 37% del capital al A y el 11% al B, mientras que empleando el método de Butsic se asigna el 23% al A y el 37% al B. A pesar de estas diferencias en las cuantías asignadas, en el siguiente ejemplo se utilizará el modelo de Myers-Read con la simplificación de Butsic ya que no requiere el cálculo de las correlaciones entre las líneas de negocio y el activo..

5.2 La asignación de capital para la aseguradora TFM

Se considera una entidad de seguros llamada TFM, que opera en el ramo no vida. La compañía lleva a cabo su actividad a través de tres líneas de negocio: automóviles responsabilidad civil (A), automóviles – otras clases (B) y responsabilidad civil general (C). Los pasivos de cada línea se expresan como Best Estimate y están cubiertos por activos en importe total igual a 480 mil.EUR. El tipo de interés libre de riesgo que se utiliza en los cálculos es del 4,14% y corresponde a la rentabilidad de los bonos españoles a 10 años en 2013[25].

Los datos provienen de la página web de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones y están resumidos en la tabla 5.4

[25] http://www.bde.es/bde/es/

Tabla 5.4. Datos de la aseguradora TFM

Elemento	Importe (mil.EUR)
Activo	480
Pasivo A	178
Pasivo B	107
Pasivo C	72
Primas A	70
Primas B	67
Primas C	50

A continuación, se presentará la metodología de cálculo del SCR de la compañía.

5.2.1 El requerimiento de capital de la aseguradora TFM

El SCR de la aseguradora TFM se computa mediante la fórmula estándar descrita en el documento "Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)" de la EIOPA. A razones del cálculo del SCR hay que considerar los distintos riesgos a los que se encuentra expuesta la entidad. En función de esos riesgos se determinará el SCR de cada módulo.

Debido a la falta de suficientes datos para la computación correcta de los capitales requeridos según las recomendaciones de la EIOPA, a razones del cálculo del SCR de la entidad TFM, he decidido considerar como fuente única de riesgo las suscripciones en no vida con sus dos componentes: el riesgo de primas y el riesgo de reservas. He partido del supuesto de que el activo de la entidad está compuesto, en su totalidad, por bonos del estado español con un vencimiento igual a 10 años y es, por tanto, libre de riesgo[26].

El SCR para el riesgo combinado de primas y reservas de no vida se determina empleando la siguiente fórmula[27]:

$$SCR_{pr,res} = 3 * \sigma * V$$

donde V es una medida de volumen y σ es la desviación típica combinada para el riesgo de primas y reservas de no vida.

[26] http://www.bde.es/bde/es/

[27] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 253*

Para el riesgo de prima, la medida de volumen V es[28]:

$$V_{pr} = max\left(P_s; P_{(last,s)}\right) + FP_{(existing,s)} + FP_{(futures,s)}$$

donde: P_s es la estimación de las primas imputadas de cada segmento en los siguientes 12 meses, $P_{(last,s)}$ son las primas imputadas de cada segmento en los últimos 12 meses, $FP_{(existing,s)}$ es el valor actual de las primas imputadas después de los 12 meses posteriores de los contratos en vigor y $FP_{(futures,s)}$ es el valor actual esperado de las primas imputadas de cada segmento de contratos en los que la fecha de reconocimiento inicial recae en los próximos 12 meses, pero excluyendo las primas que se han obtenido durante los 12 meses siguientes a la fecha de valoración[29].

Se supone que todos los contratos en vigor de la aseguradora TFM son a prima única, de modo que el valor presente de las primas asociadas a esas pólizas es nulo $(FP_{(existing,s)})$. Además, se asume que la entidad no subscribe nuevo negocio ($FP_{(futures,s)} = 0$) y que las primas imputadas para cada línea de negocio durante los 12 meses posteriores no superarán P_s. Por lo tanto, $V_{pr} = P_s$[30].

Para el riesgo de reserva, la medida de volumen V es[31]:

$$V_{res} = \mathrm{PCO_i}$$

donde $\mathrm{PCO_i}$ es el Best Estimate de los siniestros pendientes de cada línea de negocio.

El V total de ABC será la suma de las medidas de volumen de cada línea de negocio.

Las desviaciones típicas para el riesgo de reserva (σ_{res}) y riesgo de prima (σ_{pr}) de cada línea de negocio se pueden ver en la tabla 5.5. En el caso de las primas, se ha utilizado un factor de ajuste de reaseguro no proporcional, que permite a las entidades tener en cuenta el efecto de mitigación de riesgos

[28] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 255*
[29] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 252*
[30] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 255*
[31] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 256*

las primas, se ha utilizado un factor de ajuste de reaseguro no proporcional, que permite a las entidades tener en cuenta el efecto de mitigación de riesgos del reaseguro excess of loss de cada riesgo[32]. Este factor de ajuste es igual al 80% para las líneas A y C y es el 100% para la línea B.

Tabla 5.5. Desviaciones típicas para el riesgo de reserva y riesgo de prima de la aseguradora TFM

LoB	σ_{res}	σ_{pr}
A	9%	8%
B	8%	8%
C	11%	11,2%

Fuente: EIOPA, 2014: "Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 255-256

Ahora se necesita computar la desviación típica combinada para el riesgo de primas y reservas para cada línea de negocio. Este valor se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{(\sigma_{(pr,s)}V_{(pr,s)})^2 + \sigma_{(pr,s)}\sigma_{(res,s)}V_{(pr,s)}V_{(res,s)} + (\sigma_{(res,s)}V_{(res,s)})^2}}{V_{pr} + V_{res}}$$

Las desviaciones para el riesgo combinado de primas y reservas según la línea de negocio aparecen en la tabla 5.6

Tabla 5.6. Desviación típica para el riesgo combinado de reservas y primas de la aseguradora TFM

LoB	σ_s
A	7,84%
B	6,99%
C	9,58%

Utilizando la matriz de correlación[33] representada en la tabla 5.7, la desviación total[34] se calcula como:

[32] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 256*
[33] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 258*
[34] EIOPA, 2014: *"Technical Specification for the Preparatory Phase (Part 1)", 257*

$$\sigma_{nl} = \frac{1}{V_{nl}} * \sqrt{\sum_{s,t} CorrS_{(s,t)} \sigma_s V_s \sigma_t V_t}$$

donde: s y t son los índices de la forma (segmento), V_s y V_t son las medidas de volumen para el riesgo de reserva para los segmentos s y t, σ_s y σ_t son las desviaciones típicas para el riesgo de reserva para los segmentos s y t y $CorrS_{(s,t)}$ representa los elementos de la matriz de correlación entre líneas de negocio.

Tabla 5.7. Matriz de correlación entre las líneas de negocio de la aseguradora TFM

LoB	A	B	C
A	1	0,5	0,5
B	0,5	1	0,25
C	0,5	0,25	1

Una vez realizados los cálculos correspondientes, se obtiene el valor del capital de solvencia para el riesgo de no vida cuyo importe es igual a : $SCR_{nl} = 104\, mil.EUR$. Como se ha hecho el supuesto de que TFM solamente está afectada por el riesgo de primas y reservas, el requerimiento de capitalpara el módulo de no vida coincide con el requerimiento de capital de la compañía. Por lo tanto:

$$SCR = 104\, mil.EUR$$

5.2.2 Cálculo de la rentabilidad del mercado y de la volatilidad del activo

Ya se tienen los datos de entrada de la entidad TFM y su requerimiento de capital. Para poder alcanzar el objetivo – ilustrar los tres métodos de asignación de capital presentados en "Clasificación de los métodos de asignación de capital" - lo que se necesita ahora es computar la rentabilidad del mercado asegurador. Este valor servirá para la aplicación del modelo CAPM en la asignación de capital.

Para determinar la rentabilidad del mercado se han utilizado los valores del índice STOXX Europe 600 Insurance. Este índice mide el desempeño del sector asegurador europeo y está compuesto por las aseguradoras europeas con la mayor capitalización bursátil según su capital flotante. Para el presente estudio, se ha considerado la rentabilidad anual del índice partiendo de precios diarios para el período comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de diciembre de 2013. Los datos se han descargado de la página web de STOXX[35]. Los valores de la rentabilidad y volatilidad del mercado se pueden observar en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Rentabilidad y volatilidad del mercado asegurador

Rentabilidad anual	0,257618
Volatilidad anual	0,160411

Por último, se necesita la volatilidad del activo de TFM. Para su determinación, se ha utilizado la serie diaria de los valores del bono español a 10 años en el horizonte temporal 1 de enero de 2013 y el 31 de diciembre de 2013. Los datos se han obtenido a través de la página web Investing.com. La volatilidad anual del activo es igual a:

$$\sigma_A = 5{,}81\%$$

Los datos necesarios para aplicar los métodos de asignación de capital ya están disponibles. En el siguiente apartado analizaremos los resultados de estos modelos.

5.2.3 Resultados de los modelos

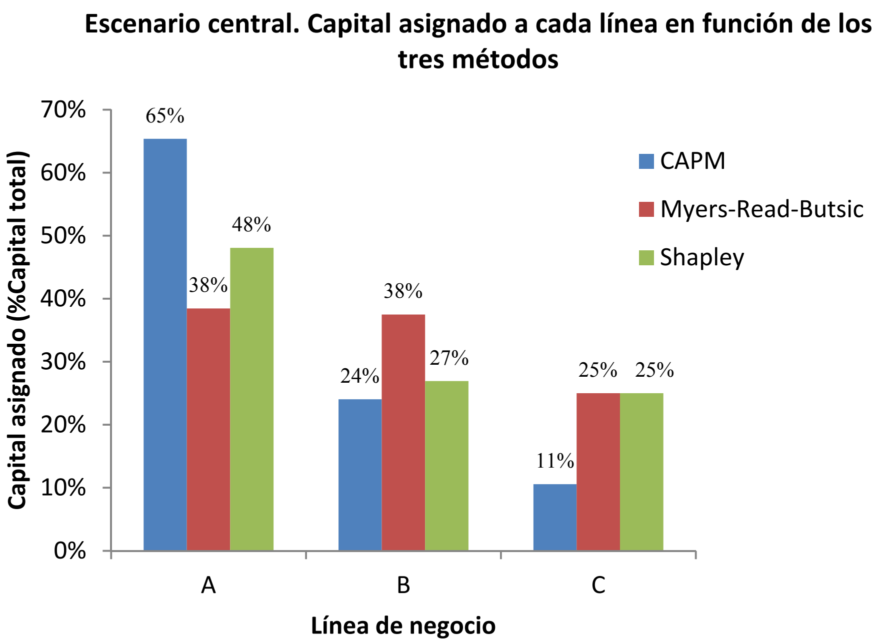
Los capitales asignados a las líneas A, B y C de la entidad TFM utilizando el modelo CAPM, el modelo de Myers-Read con la simplificación de Butsic y el modelo de Shapley se pueden ver en la tabla 5.9 y en la figura 5.1:

Tabla 5.9.La asignación de capital para la aseguradora TFM

Línea de negocio	Capital asignado (mil. EUR)		
	CAPM	Myers-Read-Butsic	Shapley
A	68	40	50
B	25	39	28
C	11	26	26
Total	104	104	104

[35] http://www.stoxx.com/indices/index_information.html?symbol=SXIP

Figura 5.1. Representación gráfica del capital asignado a las líneas de negocio de TFM



La primera conclusión que se puede formular es que se los tres métodos asignan el 100% del capital. Tal como se ha mencionado en el epígrafe 2 "La asignación de capital", existen autores que no están de acuerdo con la plena asignación del capital. Evidentemente, éste no es el caso del CAPM, Myers-Read-Butsic y Shapley. Yo opino que el capital global si se ha de repartir por completo ya que, de este modo, se cumple una de las reglas de asignación coherente de Denault.

Analizando la figura 5.1, se puede ver que los tres métodos le asignan el mayor capital a la línea A: un 65% con el CAPM, un 48% con Shapley y un 38% con Myers-Read-Butsic. Los betas de las pérdidas para A y B son $\beta_A = \frac{\sigma_{AL}}{\sigma_L^2} = 1{,}38$ y $\beta_B = \frac{\sigma_{BL}}{\sigma_L^2} = 0{,}61$. Ya que β_A es mayor que β_B, la línea A tiene más riesgo. Al mismo tiempo, A representa el 46% del pasivo de la entidad, mientras que B suma un 32%.

Los tres métodos distribuyen el menor importe de capital a la línea C. Este negocio tiene la volatilidad más alta (9,58%), pero es el que menos contribuye al importe total de pasivo (22%).

Para poder evaluar el impacto de cambios en la parametrización del modelo, a continuación presentaré tres escenarios que corresponden a un análisis de sensibilidad de las variables más importantes de los modelos. De este modo, se logrará ver cómo varía la el requerimiento de capital y qué resultados generan las metodologías de asignación.

5.2.4 Análisis de sensibilidad

5.2.4.1 Escenario 1: igualdad de pasivos

Para el primer escenario supongamos que el valor del pasivo es el mismo para cada una de las tres líneas de negocio. Este supuesto fue seguido también por Myers y Read en la presentación de su modelo. Partimos, por lo tanto, de los siguientes datos de entrada:

Tabla 5.10.Datos de entrada de la aseguradora TFM para el escenario 1

Elemento	Importe (mil.EUR)
Activo	480
Pasivo A	100
Pasivo B	100
Pasivo C	100
Primas A	100
Primas B	100
Primas C	100

Tanto la matriz de correlación entre las líneas de negocio, como la volatilidad de los activos tienen los mismos valores que en el ejemplo anterior. El nuevo SCR de la entidad es igual a 112 mil. EUR y se reparte a las líneas de negocio según se muestra en la tabla 5.11:

Tabla 5.11.La asignación de capital para la aseguradora TFM

Línea de negocio	Capital asignado (mil. EUR)		
	CAPM	Myers-Read-Butsic	Shapley
A	73	36	38
B	26	42	33
C	12	33	40
Total	112	112	112

Observamos que la línea A es la que más capital obtiene según CAPM (65%). Shapley le asigna el mayor importe de capital (36%) a la línea C, mientras Myers-Read-Butsic apuestan por B (38%). Las tres líneas tienen la misma contribución al valor total del pasivo, y el vector de los betas es (0.22, 0.16, 0.25). Según el nivel del beta, la línea más arriesgada es la C, pero solamente Shapley le asigna más capital.

5.2.4.2 Escenario 2: variaciones en las desviaciones típicas de los pasivos

Ya que, en cado uno de los casos analizados hasta ahora, la línea A es la que más capital recibe (según CAPM y Shapley), para este segundo escenario se actuará sobre la volatilidad de A, las desviaciones de B y C siendo las mismas que en el apartado 5.2.1 “El requerimiento de capital de la aseguradora TFM”. Supongamos, por lo tanto, que la volatilidad total de A baja al 2%. En esta situación, A es la línea con menor riesgo de la compañía TFM. Todos los demás datos son iguales a los del ejemplo inicial.

El SCR que se obtiene es igual a 88 mil. EUR, pero los resultados generados por los tres modelos no cambian de “preferida” a la hora de asignar el capital total (tabla 5.12). La línea A recibe 57 mil. EUR según CAPM y 49 mil. EUR según Shapley. Myers-Read-Butsic le reparte 33 mil. EUR a B, considerando que ésa es la línea que más capital requiere, aún si el indicador β de B es el más bajo (0,14).

Tabla 5.12.La asignación de capital para la aseguradora TFM

Línea de negocio	Capital asignado (mil. EUR)		
	CAPM	Myers-Read-Butsic	Shapley
A	57	29	49
B	21	33	14
C	9	26	25
Total	88	88	88

5.2.4.3 Escenario 3: cambio de la matriz de correlación

En este escenario final consideramos el ejemplo inicial, pero modificando la matriz de correlación entre las líneas de negocio de modo que la línea B esté aislada, es decir, que su coeficiente de correlación con A y C sea 0:

Tabla 5.13. Matriz de correlación entre las líneas de negocio de la aseguradora TFM

LoB	A	B	C
A	1	0	0,5
B	0	1	0
C	0,5	0	0

El nuevo valor del SCR es igual a 90 mil.EUR y si asignación por líneas de negocio se puede comprobar en la tabla 5.14:

Tabla 5.14.La asignación de capital para la aseguradora TFM

Línea de negocio	Capital asignado (mil. EUR)		
	CAPM	Myers-Read-Butsic	Shapley
A	59	29	45
B	21	37	20
C	10	24	24
Total	90	90	90

De nuevo, no hay mucha diferencia entre las distribuciones de capital. La línea A recibe el mayor importe (59 mil. EUR con CAPM y 45 mil. EUR con Shapley), mientras que a la línea C se le asignan solamente 10 mil. EUR en el caso del CAPM y 24 mil. EUR en el caso de Shapley.

Capítulo 6. Conclusiones y futuras líneas de investigación

El propósito del artículo "Modelos Avanzados de Asignación de Capital en las Entidades de Seguros" fue explicar el concepto de asignación de capital, presentar los métodos de asignación más conocidos e ilustrar la aplicación de 3 modalidades para repartir el capital de una entidad aseguradora.

Analizando los resultados del escenario central (apartado 5.2.3 "Resultados de los modelos"), se puede concluir que el CAPM asigna el mayor importe de capital a la línea que más contribuye al pasivo total de la compañía (la línea A) y el menor a la línea con el nivel más alto del riesgo de primas y reservas (la línea C). Shapley realiza las mismas asignaciones que CAPM, pero de una manera más equilibrada, distribuyendo menos capital en A y más en C. Myers-Read-Butsic asigna el capital a A, B y C en este mismo orden. Cabe recordar que el SCR total en este caso es de 104 mil. EUR.

Para el escenario 1, en el cual se supone la igualdad de los pasivos de las líneas de negocio, se puede observar una evolución completamente diferente según el método que se utiliza. El CAPM asigna la mayor cuantía de capital a la línea A, igual que en el escenario central. Myers-Read-Butsic reparten más capital a la línea B, mientras que Shapley le distribuye el mayor capital a C.

Los últimos escenarios, el del decremento en la volatilidad de la línea A y el de cambiar la matriz e correlación entre las líneas de negocio, dan resultados similares para los tres modelos: en cada uno de los casos, el orden de asignación es A-B-C con el CAPM y Shapley y B-A-C con el otro.

Formular una conclusión pertinente sobre la superioridad de un modelo frente a otro es muy difícil de realizar. Sin embargo, el hecho de que Shapley y CAPM generan resultados parecidos, no en cuantías asignadas sino en el orden de asignación, es una buena señal y un incentivo para seguir investigando en esta área. El modelo Myers-Read-Butsic ha sido, casi e todos los casos, el "atípico" en el problema de la asignación. Quizás este inconveniente se podría eliminar aplicando el modelo de Myers-Read sin la simplificación de Butsic, pero para eso habrá que encontrar una modalidad correcta de medir la correlación entre los activos y las líneas de negocio. Aun así, cabe destacar que la metodología propuesta por Myers y Read en su famoso artículo no hace ninguna referencia clara sobre la naturaleza del capital disponible para la asignación; los dos autores mencionan que se trata de repartir el "surplus" de una entidad y definen dicho "surplus" como la resta entre el valor de los activos y el valor presente de los pasivos. Myers y Read nunca hablan de capital económico o de cualquier otro tipo de capital ajustado por riesgo. Por supuesto que su método se puede utilizar para asignar el SCR de una entidad, pero, en este caso, los importes serán muy diferentes, lo que hará imposible y, además, sin sentido, cualquier clase de comparación.

Por otra parte, el método de Shapley apunta justamente a la asignación del capital ajustado por riesgo, ya que para cada posible combinación de líneas de negocio se determina el capital requerido de la entidad.

La asignación de capital es, aún, una materia muy novedosa para el sector asegurador. Por lo tanto, los posibles avances en cuanto a este tema son varios y de distinta naturaleza. Una primera vía de investigación que propondría es encontrar una modalidad adecuada de medir la correlación entre los activos y las deudas de las líneas de negocio. Kyle Vrieze y Paul Brehm consideran la computación de esta matriz de correlación como el Santo Grial de la asignación de capital usando el modelo de Myers-Read[36]. Una vez determinadas las correlaciones, se podrá aplicar el modelo sin la simplificación propuesta por Butsic que, tal como hemos visto en el apartado 5.1 "Comparación del modelo de Myers-Read y la simplificación de Butsic", da lugar a unos repartos de capital distintos a los de Myers y Read.

Otra área de investigación sería considerar la posibilidad de dividir una línea de negocio en varios componentes. En la teoría de juegos, este supuesto se conoce bajo el nombre de "jugador fraccional" y supone que, por ejemplo, para una entidad con tres líneas A, B y C, la línea A se divide en dos sublíneas, A1 y A2. ¿Cómo se realiza la asignación de capital en este caso? Si se aplica el método de Shapley, eso se hará considerando que la entidad tiene cuatro líneas de negocio (cuando realmente tiene tres líneas y dos sublíneas) y, por lo tanto, los capitales asignados previamente a B y a C cambiarán. La solución para este tipo de juego es el llamado "valor de Aumann-Shapley", que se puede determinar empleando métodos de simulación.

[36] https://www.casact.org/research/aria/brehm.pdf

Otro tema de desarrollo podría ser la asignación de capital de una entidad teniendo en cuenta la diversificación geográfica. Supongamos que estamos hablando de un grupo empresarial que tiene varias subsidiarias distribuidas por todo el mundo. ¿Cómo se reparte el capital? ¿Se aplicará el mismo método de asignación para todos los componentes? Yo pienso que sí. Una vez elegido un modelo de asignación, ese se aplicará a todas la subsidiarias de la entidad. Por supuesto que, ya que se trata de un grupo, el capital requerido se determina de otra forma y se ha de tener en cuenta el factor de diversificación geográfica.

Por último, surge el problema de la elección del modelo. En definitiva, ¿qué modelo es mejor? Creo que es muy difícil o casi imposible responder a esta pregunta. Lo que sí creo que es muy importante es que, una vez elegida una modalidad de asignación, ésta deberá emplearse a largo plazo, es decir que no se debe cambiar el modelo de un año a otro, sino que hay que respetar la permanencia en el tiempo de los métodos.

BIBLIOGRAFÍA

- Butsic, R., 1999: "Capital Allocation for Property-Liability Insurers: a Catastrophe Reinsurance Application", Casualty Actuarial Society, disponible en http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.casact.org%2Fpubs%2Fforum%2F99spforum%2F99spf001.pdf&ei=QHb_U5ucD8as0QWcm4CIBg&usg=AFQjCNEFEQBwYoAsPajsgqxt__fZnnRlzg&bvm=bv.74035653,d.d
- Comisión Europea, 2002: "Nota a la Atención del Subcomité sobre Solvencia", 11-12, disponible en [28 de julio de 2014] http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCgQFjAB&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Finternal_market%2Finsurance%2Fdocs%2Fmarkt-2056%2Fmarkt-2056-01_es.pdf&ei=pqyHU-SYCYWY0AXu3YHgCg&usg=AFQjCNHhMtvcLr9Gtv8gEG9eS4F_iYGg7Q&bvm=bv.67720277,bs.1,d.bGE [27 de mayo de 2014].
- Cummins, D., 2000: "Allocation of Capital in the Insurance Industry", Risk Management and Insurance Review, 3: 7-28.
- Cummins, D., 2000: "Asset Pricing Models and Insurance Ratemaking", Risk Management and Insurance Review, 3: 7-28.

- Denault, M., 1999: "Coherent Allocation of Risk Capital", disponible en http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.risklab.ch%2Fftp%2Fpapers%2FCoherentAllocation.pdf&ei=7YQDVKuyNKjV0QWLqoGQBw&usg=AFQjCNHaZm-qQSECFkDGF8jUUMyZz-vJ-w&bvm=bv.74115972,d.d2k [5 de mayo de 2014]
- Eling, M. y Schmeiser, H., 2010: "The Risk Premium Project (RPP) Update - RPP II Report. Technical report", Casualty Actuarial Society–Committee on Theory of Risk, 34, disponible en http://www.casact.org/research/cotor/index.cfm?fa=rpp [5 de mayo de 2014]
- Karabey, U., 2012: "Risk Capital Allocation and Risk Quatification in Insurance Companies", 42
- Kim, H.T., 2007: "Estimation and Allocation of Insurance Risk Capital", disponible en http://scholar.google.es/scholar_url?hl=ro&q=https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/3011/main2.pdf%3Fsequence%3D1&sa=X&scisig=AAGBfm1ZCXfdnlZUob3yBKwi_UMNfg22YQ&oi=scholarr&ei=PZWHU6P3Duiw0QW6yoCwAg&ved=0CCAQgAMoADAA [13 de mayo de 2014].
- Klaassen, P.y van Eeghen, I, 2009.: "Economic capital: How it Works and What Every Manager Needs to Know" Elsevier, 2, disponible en http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Z5mPNr3rTa4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=economic+capital+klaasen&ots=Pk_VBKv63L&sig=qkEMJgi65NuXwRhPHVXL83Hgc7I&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false [10 de julio de 2014]
- Merton, C.R., 1974: "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates", The Journal of Finance, Vol. 29, Nr. 2, 449-470.
- Merton, C.R. and Perold, F.A., 1993: "Theory of Risk Capital in Financial Firms", disponible en http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cvasource.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F12%2F1993-Merton-Perold-Theory-of-Risk-Capital-in-Financial-Firms.pdf&ei=w7-HU47XEYeO0AW1uYCwCQ&usg=AFQjCNEo11HYPYnuXAi1COu2C3vfUGzvmQ&bvm=bv.67720277,d.bGE [16 de mayo de 2014]
- Myers, S. y Read, J., 2001: "Capital Allocation for Insurance Companies", The Journal of Risk and Insurance, Vol. 68, Nr. 4, 545-580.

- Sandström, A., 2011: "Handbook of Solvency for Actuaries and Risk Managers: Theory and Practice" CRC Finance series. Chapman & Hall/CRC, 68.
- Shapley, L.S., 1953: "A Value for n-person games", Princeton University Press, 307-317.
- Sharpe, W., 1964: "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", The Journal of Finance, Vol. 19, Nr. 3, 425-442
- Tasche, D., 2000: "Risk Contributions and Performance Measurement", disponible en http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F2378752_Risk_Contributions_and_Performance_Measurement%2Ffile%2F9c960518fb30e1babb.pdf&ei=ZMyHU9epI6fX0QXs-oDwDw&usg=AFQjCNHXdXA5os3Cj9J-197gofTLm3AGyg&bvm=bv.67720277,d.bGE [19 de mayo de 2014]
- http://www.bde.es/bde/es/
- http://www.dgsfp.mineco.es/sector/balancesycuentasEA.asp
- http://es.investing.com/rates-bonds/spain-10-year-bond-yield-historical-data
- http://www.stoxx.com/indices/index_information.html?symbol=SXIP