

Instituto de Ciencias del Seguro

El riesgo de tipo de interés: experiencia española y Solvencia II

Francisco Cuesta Aguilar

FUNDACIÓN MAPFRE

© FUNDACIÓN MAPFRE

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin el permiso escrito del autor o de FUNDACIÓN MAPFRE

FUNDACIÓN MAPFRE no se hace responsable del contenido de esta obra, ni el hecho de publicarla implica conformidad o identificación con la opinión del autor o autores.

El contenido del presente documento refleja exclusivamente la opinión del autor y no debe ser atribuido a ninguna institución u organismo.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin el permiso escrito del autor o del editor.

© 2011 FUNDACIÓN MAPFRE
Paseo de Recoletos 23
28004 Madrid (España)

www.fundacionmapfre.com/cienciasdelseguro
publicaciones.ics@mapfre.com

ISBN: 978-84-9844-255-7
Depósito Legal: SE-3336-2011

PRESENTACIÓN

Desde 1975, FUNDACIÓN MAPFRE desarrolla actividades de interés general para la sociedad en distintos ámbitos profesionales y culturales, así como acciones destinadas a la mejora de las condiciones económicas y sociales de las personas y sectores menos favorecidos de la sociedad. En este marco, el Instituto de Ciencias del Seguro de FUNDACIÓN MAPFRE promueve y desarrolla actividades educativas y de investigación en los campos del seguro y de la gerencia de riesgos.

En el área educativa, su actuación abarca la formación académica de postgrado y especialización, desarrollada en colaboración con la Universidad Pontificia de Salamanca, así como cursos y seminarios para profesionales, impartidos en España e Iberoamérica. Estas tareas se extienden hacia otros ámbitos geográficos mediante la colaboración con instituciones españolas e internacionales, así como a través de un programa de formación a través de Internet.

El Instituto promueve ayudas a la investigación en las áreas científicas del riesgo y del seguro y mantiene un Centro de Documentación especializado en seguros y gerencia de riesgos, que da soporte a sus actividades.

Asimismo, el Instituto promueve y elabora informes periódicos y publica libros sobre el seguro y la gerencia de riesgos, con objeto de contribuir a un mejor conocimiento de dichas materias. En algunos casos estas obras sirven como referencia para quienes se inician en el estudio o la práctica del seguro, y en otros, como fuentes de información para profundizar en materias específicas.

Dentro de estas actividades se encuadra la publicación de este libro, resultado de la “Ayuda a la investigación Riesgo y Seguro” que FUNDACIÓN MAPFRE concedió a su autor Francisco Cuesta Aguilar en la convocatoria de 2008. El trabajo fue tutorizado por Juan Fernández Palacios (MAPFRE VIDA, S.A.).

Desde hace unos años, Internet es el medio por el que se desarrollan mayoritariamente nuestras actividades, ofreciendo a los usuarios de todo el mundo la posibilidad de acceder a las mismas de una manera rápida y eficaz mediante soportes Web de última generación a través de la página:
www.fundacionmapfre.com\cienciasdelseguro

Francisco Cuesta Aguilar es Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales y en Derecho. Es Actuario de Seguros, Diplomado en Estudios Avanzados (DEA) e Inspector de Seguros del Estado. Hasta 2008 fue Coordinador del Grupo de Inspección de Vida de la DGSFP. Actualmente es Jefe del Departamento de Análisis de Balances, Contabilidad y Estadística. Auditor de Cuentas. Vocal del Comité Consultivo del ICAC.

Ha participado en diversos grupos de trabajo de modificación normativa (provisión de seguros de vida e inmunización financiera; activos estructurados y derivados; PCEA; pérdida máxima para derivados especulativos; transposición de directiva de Solvencia II; modelos de la DEC).

Ha impartido diversos seminarios internacionales (AECID-IEF en Bolivia 2006, Colombia 2007 y Guatemala 2008; FIIAPP en Bulgaria 2007; CNSF en México 2010). Impartición de cursos y seminarios en instituciones públicas (EHP, Banco de España, DGTPF, CCS) y privadas (FUNDACIÓN MAPFRE, UNESPA, CNEPS, ICEA, INESE).

A mi padre

ÍNDICE

1. RIESGO DE TIPO DE INTERÉS	13
1. Concepto	13
2. Clases	14
2.1. Riesgo de precio	14
2.2. Riesgo de reinversión	14
3. Cobertura	15
2. CONCEPTOS BÁSICOS	17
1. Estructura temporal de tipos de interés (ETTI)	17
1.1. Curva TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)	19
1.2. Curva Cupón Cero	20
1.3. Curva FWD (Forward)	22
2. Duración financiera	24
3. Duración financiera corregida	32
4. Convexidad	37
Anexo	44
3. CASAMIENTO DE FLUJOS	47
1. Introducción	47
2. Flujos de pago	48
2.1. Exclusiones	48
2.2. Grupo homogéneo	48
2.3. Prestaciones	49
2.4. Derecho de rescate	50
2.5. Gastos de gestión	53
2.6. Beneficio	55
2.7. Participación en beneficios	55
2.8. Horizonte temporal	56
2.9. Ejemplo	57

3.	Flujos de cobro	57
3.1.	Naturaleza de los activos admisibles	57
3.2.	Activos con opción a compra a favor del emisor	58
3.3.	Aptitud para cobertura de provisiones técnicas	60
3.4.	Liquidez	60
3.5.	Rating	61
3.6.	Exteriorización	62
3.7.	Asignación de inversiones	62
3.8.	Cuantificación de los flujos	63
3.9.	Ejemplo	63
4.	Requisitos del casamiento	65
4.1.	Flechas de flujo	65
4.2.	Requisitos	65
4.3.	Ejemplo	66
5.	Tipo de interés y provisión matemática	67
5.1.	Criterios de valoración	67
5.2.	Tipo de interés y provisión matemática	68
5.3.	Ejemplo	73
5.4.	Ajustes por sobre dotación de la provisión matemática	75
5.5.	Ejemplo	76
5.6.	Otros límites al interés de cálculo de la provisión	77
6.	Inmunización a prima periódica	77
6.1.	Riesgo de inversión	77
6.2.	Tratamiento de flujos	78
6.3.	Otras figuras	78
6.4.	Ejemplo	79
7	Revisión	80
8	Valoración de inversiones a efectos de solvencia	80
8.1.	Estado de cobertura de provisiones técnicas	80
8.2.	Estado de margen de solvencia	81
8.3.	Ejemplo	82
	Anexo	83
4.	INMUNIZACIÓN POR DURACIONES	95
1.	Introducción	95
2.	Reseña histórica: planteamiento inicial de Redington	95
3.	Flujos de pago	97
3.1.	Régimen general	97

3.2. Cola de flujos	97
3.3. Ejemplo	99
4. Flujos de cobro	100
4.1. Régimen general	100
4.2. Renta variable	100
4.3. Ejemplo	105
5. Requisitos de la inmunización	105
5.1. Ámbito de aplicación	105
5.2. Curvas de interés	105
5.3. Requisitos	106
5.4. Ejemplo	109
5.5. Variante del ejemplo: reestructuración	111
6. Tipo de interés y provisión matemática	113
6.1. Criterios de valoración	113
6.2. Tipo de interés y provisión matemática	113
6.3. Ejemplo	116
6.4. Ajustes por sobredotación de la provisión matemática	116
6.5. Otros límites al interés de cálculo de la provisión	116
7. Inmunización a prima periódica	117
7.1. Metodología	117
7.2. Ejemplo	117
8. Valoración de inversiones a efectos de solvencia	117
Anexo	118
5. SOLVENCIA II	131
1. Introducción	131
2. Riesgo de interés	132
2.1. Interés libre de riesgo	132
2.2. Curva de interés libre de riesgo de la zona euro	133
2.3. Prima de iliquidez	135
3. SCR y MCR por riesgo de tipo de interés	139
3.1. Riesgo de tipo de interés	139
3.2. SCR y MCR	139
3.3. Metodología por escenarios	140
3.4. Metodología de escenarios revisada	143
3.5. Metodología de duraciones corregidas	145

4. Modelos internos: el VAR.....	147
4.1. Requisitos para la utilización de modelos internos	147
4.2. VaR	148
5. Ejemplos	165
5.1. Ejemplo 1	165
5.2. Ejemplo 2	166
Anexo	168
Referencias bibliográficas	191
Colección <i>Cuadernos de la Fundación</i> Instituto de Ciencias del Seguro	193

1

RIESGO DE TIPO DE INTERÉS

1. CONCEPTO

El riesgo de interés puede definirse como el riesgo de incurrir en pérdidas por fluctuaciones en el tipo de interés¹. Una alteración en los tipos de interés genera variaciones en determinados activos y pasivos. El riesgo de tipo de interés aparece cuando el resultado de la compensación de las variaciones de activos y pasivos genera pérdidas en la entidad.

En Solvencia II se define el riesgo de tipo de interés como la sensibilidad del valor de los activos y pasivos frente a las variaciones en el nivel o la volatilidad de los tipos de interés.

El riesgo de fluctuaciones de los tipos de interés puede medirse mediante su volatilidad. Cuanto la volatilidad es elevada la probabilidad de que aparezcan variaciones en el nivel de los tipos de interés incrementa. Sin embargo, también la volatilidad interviene directamente en la valoración de algunos instrumentos financieros como es el caso de las opciones sobre tipos de interés. De ahí que el riesgo de tipo de interés deba considerar ambos aspectos: nivel y volatilidad.

Las entidades de crédito y aseguradoras, como intermediarios financieros, realizan una función de transformación de plazos de activos y pasivos. Aceptan fondos de los inversores bajo la instrumentación de contratos específicos (depósitos, pólizas de seguro de vida) con el compromiso de remunerarlos a un tipo de interés previamente determinado. Los importes recibidos serán a su vez invertidos en activos que ofrezcan una rentabilidad suficiente para sufragar el coste de la financiación, los gastos de gestión, y el beneficio de la entidad.

Puede distinguirse entre efectos directos e indirectos:

- Asumiendo que la duración de las inversiones es habitualmente inferior a la de los pasivos, si se produce una reducción de los tipos de interés la rentabilidad obtenida por las inversiones (derivada del proceso de reinversión) puede ser insuficiente para generar beneficio a la entidad, o incluso para cubrir el coste de la financiación de los pasivos o los gastos de gestión. Las dos últimas situaciones podrían poner en peligro la solvencia de la entidad.

¹ En sentido estricto el riesgo de interés englobaría todo tipo de variación, positiva o negativa.

- Cuando incrementa el tipo de interés también pueden aparecer efectos indirectos que es preciso valorar. El inversor podría solicitar la liquidación anticipada de su inversión (cancelación del depósito, ejercicio del derecho de rescate) para reinvertir en el mercado y obtener una mayor rentabilidad. Este riesgo aparece porque existen opciones implícitas en los contratos cuyo coste deberá ser debidamente considerado por las entidades en la gestión del riesgo de tipo de interés.

2. CLASES

Cuando se produce un incremento de los tipos de interés se genera un doble efecto en el valor de las inversiones (neto de los pasivos):

- Por un lado aparece una reducción inmediata del valor.
- Por otro lado, indirectamente, por el efecto de la reinversión, se genera un mayor crecimiento del valor.

Ambos efectos, que deberán acumularse para apreciar la valoración final, reflejan la clasificación tradicional del riesgo de interés.

2.1. Riesgo de precio

Es el riesgo derivado de la variación de un activo (o pasivo) financiero de renta fija causado por las variaciones de los tipos de interés.

Existe una relación inversa entre el precio y el interés. Cuando incrementa el tipo de interés el valor actual de los flujos de caja generados por el instrumento financiero disminuye. Otra característica relevante de la función que vincula a ambas variables es su convexidad².

2.2. Riesgo de reinversión

Es el riesgo derivado de la posibilidad de no obtener, durante un período de tiempo, como rentabilidad de un activo de renta fija el interés previsto en la curva de interés para dicho período.

Si la rentabilidad obtenida en el proceso de reinversión de los cupones periódicos de un activo de renta fija, a causa de una caída de los tipos de interés de mercado, es inferior a la rentabilidad inicialmente esperada, la rentabilidad final obtenida disminuye y aparece una pérdida.

² Véase capítulo 2.

Considerando activos y pasivos el riesgo de reinversión puede definirse como la posibilidad de que la rentabilidad obtenida en la reinversión de los flujos de cobro generados por los activos sea insuficiente para sufragar los compromisos de pago asumidos.

3. COBERTURA

Si el riesgo de interés supera una determinada magnitud deberán adoptarse medidas para neutralizar dicho riesgo. En otro caso el coste de la adopción de estrategias de inmunización del riesgo de tipo de interés puede no verse compensado con los beneficios de la neutralización de las pérdidas.

Cuando las instituciones financieras establecen mecanismos de reducción del riesgo de tipo de interés básicamente realizan un proceso de transferencia del riesgo a otros agentes económicos.

Una forma de hacerlo consiste en instrumentar las operaciones a interés variable. Así ocurre en los bonos FRN³, los préstamos referenciados al EURIBOR, los contratos de leasing con cuotas igualmente referenciadas, los seguros de vida con un interés mínimo garantizado y complementado con participación en beneficios de las inversiones, o los seguros con garantía de interés referenciada.

Otra forma de hacerlo requiere la utilización de técnicas y modelos de gestión del riesgo de interés tales como el casamiento de flujos⁴ y la inmunización por duraciones⁵.

³ Floating Rate Note.

⁴ Véase capítulo 3.

⁵ Véase capítulo 4.

2 CONCEPTOS BÁSICOS

La comprensión adecuada de los sistemas de inmunización financiera requiere del conocimiento previo de determinados conceptos básicos tales como las curvas de interés, la duración financiera corregida, o la convexidad.

1. ESTRUCTURA TEMPORAL DE TIPOS DE INTERÉS (ETTI)

La ETTI representa la evolución de las rentabilidades exigidas por el mercado por la cesión de fondos a determinados vencimientos. Así, se habla de rentabilidad a 1 año, a 2 años, ó a 10 años.

Además del plazo durante el cual se ceden los fondos la ETTI depende de otros dos factores: divisa y calidad crediticia.

Depende de la divisa porque las rentabilidades generadas por dos bonos idénticos emitidos en diferente moneda son diferentes.

También depende de la calidad crediticia del receptor de los fondos, ya que existe la posibilidad de que el emisor del bono no pueda hacer frente al pago de los cupones o el valor de reembolso.

Un inversor racional exigirá, en principio, diferente rentabilidad a dos bonos con diferente emisor, divisa, y vencimiento. No obstante, podría hipotéticamente producirse una compensación de riesgos. Es decir, si un bono ha sido emitido por una entidad de baja calificación crediticia, a corto plazo, y con reducido riesgo de divisa, podría ocurrir que su rentabilidad sea idéntica a la proporcionada por otro activo de características inversas (buena calificación crediticia, largo plazo, y elevado riesgo de divisa) porque el mayor riesgo del primer bono debido al primer factor se vea compensado con el menor riesgo derivado de los dos factores siguientes.

Por tanto, para una divisa y un prestatario determinados, podremos elaborar una ETTI, que reflejará la evolución temporal de los tipos de interés.

En dicha elaboración se pueden tener en cuenta diferentes mercados, aunque siempre respetando, en la medida de lo posible, la homogeneidad de divisa y prestatario. En la curva de interés sin riesgo en moneda nacional, el tipo a corto plazo (es decir, a menos de 1 año) suele estimarse por referencia a las letras

del tesoro o al mercado interbancario⁶. Para plazos superiores se pueden utilizar las rentabilidades correspondientes a bonos cupón cero con calidad crediticia máxima.

La curva estimada es discontinua pues está compuesta por los tipos de interés correspondientes a determinados plazos de la curva. En el Gráfico 2.1 se representa una ETTI.

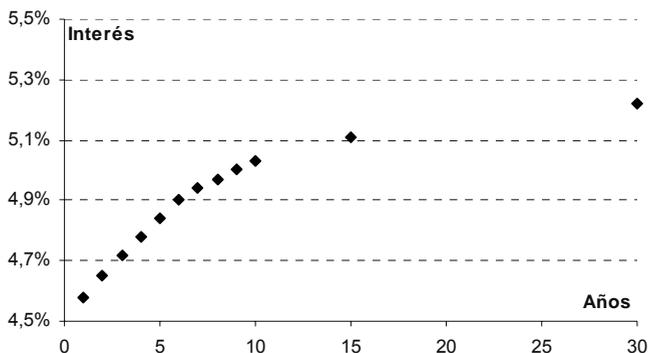


Gráfico 2.1 - ETTI discontinua

Al objeto de que pueda asociarse un tipo de interés a cualquier instante en que el activo pueda generar un flujo de cobro es preciso proceder a la interpolación de la ETTI. En principio puede considerarse aceptable la interpolación lineal (Gráfico 2.2).

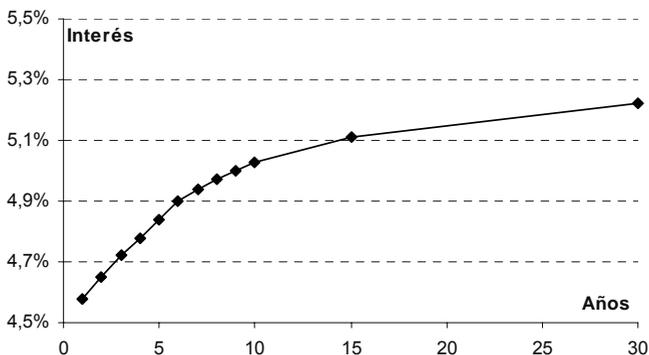


Gráfico 2.2 - Interpolación lineal de ETTI

También puede ser necesario disponer de los tipos de interés correspondientes a plazos para los que no existen activos disponibles en el mercado. Es el caso por ejemplo de la valoración de pasivos o compromisos asumidos por

⁶ En sentido estricto el riesgo de crédito de ambos mercados es diferente. Así, mientras que la deuda pública goza en general de la mayor calidad crediticia, a los títulos negociados en el mercado interbancario les suele corresponder un riesgo de crédito ligeramente superior.

entidades aseguradoras a 40 ó 50 años. Si la curva de interés disponible (observada o deducida) finaliza en el año 30, será necesario efectuar un proceso de extrapolación de la curva que permita la valoración de los flujos correspondientes a plazos superiores.

Las dos alternativas más utilizadas en la práctica consisten en mantener el último tipo de interés de la curva constante, o estimar un ligero crecimiento⁷. Se muestran en el Gráfico 2.3.

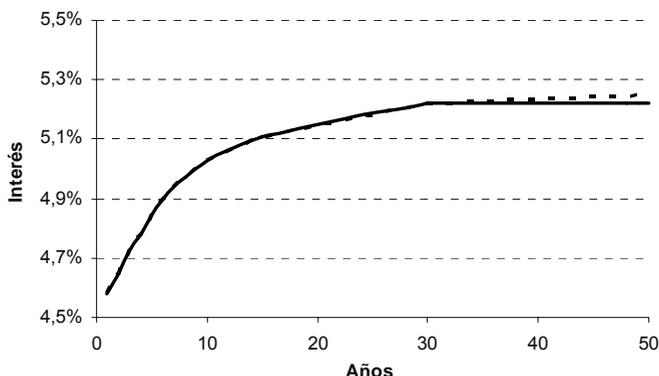


Gráfico 2.3 - Extrapolación lineal de ETTI

A continuación se analizan las curvas TIR, cupón cero y FWD. Mientras que las dos primeras incluyen tipos spot o al contado, la última presenta tipos a plazo.

1.1. Curva TIR (Tasa Interna de Rentabilidad)

La TIR es la tasa anual que hace que el valor actual neto (VAN) sea nulo, es decir, que el valor actual, a dicha tasa, de los flujos positivos sea igual al valor actual de los flujos negativos.

La utilización de la TIR presenta varios inconvenientes: se considera constante durante toda la vida de la inversión; los saldos positivos (negativos) se suponen reinvertidos (financiados) a la propia TIR; se supone inversión a vencimiento.

La TIR es una medida de la rentabilidad de un activo. Como tal puede ser interpretada como un método de selección de inversiones. En el Anexo 2.1 se muestra una comparativa entre varios métodos.

Como medida de rentabilidad de las inversiones puede determinarse la TIR para un activo a 1 año, a 2 años, y a cualquier otro plazo. De esta forma, se puede construir una curva de TIR que representa la evolución de las rentabilidades para cada uno de los plazos o vencimientos de los activos

⁷ Véase apartado 2 capítulo 5.

financieros considerados. Así, suele denominarse curva de rentabilidades, de tasas, o de rendimientos.

Lógicamente, como en cualquier ETTI, debe tratarse de TIR referidas a activos con similar rating y denominados en la misma divisa.

Aunque es perfectamente aplicable a un activo cupón cero (en cuyo caso la TIR coincide con el tipo cupón cero, y la curva TIR con la curva cupón cero), como se verá con posterioridad, la TIR es especialmente relevante en los activos con cupón periódico.

También hay que tener en cuenta que dos títulos idénticos en cuanto al período de amortización pueden tener una TIR diferente si su corriente de renta (flujos) es también distinta. Por tanto, en la elaboración de la curva se ha de medir la TIR para activos con similar corriente de renta aunque con distintos vencimientos.

1.2. Curva Cupón Cero

El tipo cupón cero no es más que la TIR para un activo cupón cero. La curva cupón cero es aquella que refleja la evolución de la rentabilidad para activos cupón cero a distintos vencimientos. Igualmente debe referirse a activos con igual calidad crediticia y en la misma divisa.

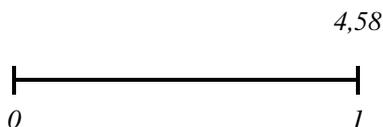
Lógicamente, si existen activos sin flujos intermedios para todos los plazos se dispone directamente de la curva cupón cero. En otro caso, utilizando el *método recursivo o bootstrapping*, podrá calcularse la curva cupón cero a partir de la curva TIR. En dicho cálculo subyace como hipótesis la circunstancia de que con independencia del método de valoración empleado un activo no puede tener precios diferentes, no existiendo posibilidades de arbitraje. Esta metodología estima los tipos cupón cero a partir de las TIR de activos homogéneos con cupón periódico e igual vencimiento.

Se explica con un ejemplo. Supongamos la curva TIR que se muestra en la Tabla 2.1.

Plazos	TIR
1 año	4,5800000%
2 años	4,6500000%
3 años	4,7200000%
4 años	4,7800000%
5 años	4,8400000%
6 años	4,9000000%
7 años	4,9400000%
8 años	4,9700000%
9 años	5,0000000%
10 años	5,0300000%

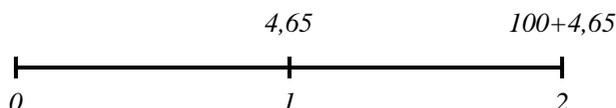
Tabla 2.1 – Curva TIR

Para un activo a un año, al no existir flujos intermedios, la TIR coincide con el tipo cupón cero (4,58%). Para un valor nominal de 100, el flujo será 4,58:



$$r_1 = 0,0458$$

Para una TIR a dos años del 4,65% se presenta el siguiente esquema de flujos:



La valoración del activo por el método de la TIR se obtendrá descontando los anteriores flujos a la TIR correspondiente al vencimiento (2 años, 4,65%):

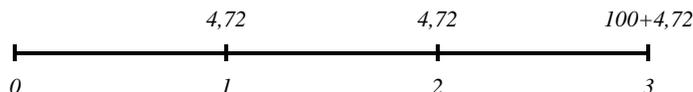
$$100 = \frac{4,65}{(1 + 0,0465)^1} + \frac{100 + 4,65}{(1 + 0,0465)^2}$$

Puesto que la valoración utilizando los tipos cupón cero correspondientes a los vencimientos de cada flujo debe ser idéntica, podemos despejar el tipo cupón cero a 2 años:

$$100 = \frac{4,65}{(1 + 0,0458)^1} + \frac{100 + 4,65}{(1 + r_2)^2}$$

$$r_2 = 0,046516$$

De la misma forma se calcularía el tipo cupón cero a 3 años:



$$100 = \frac{4,72}{(1 + 0,0458)^1} + \frac{4,72}{(1 + 0,046516)^2} + \frac{100 + 4,72}{(1 + r_3)^3}$$

$$r_3 = 0,047244$$

Y así sucesivamente.

La Tabla 2.2 incorpora a la tabla inicial la columna de tipos cupón cero.

Plazos	TIR	Cupón Cero
1 año	4,5800000%	4,5800000%
2 años	4,6500000%	4,6516286%
3 años	4,7200000%	4,7244636%
4 años	4,7800000%	4,7878442%
5 años	4,8400000%	4,8524785%
6 años	4,9000000%	4,9184299%
7 años	4,9400000%	4,9624252%
8 años	4,9700000%	4,9955731%
9 años	5,0000000%	5,0297061%
10 años	5,0300000%	5,0647925%

Tabla 2.2 – Curvas TIR y cupón cero

1.3. Curva FWD (Forward)

Los tipos anuales a plazo o tipos anuales forward son los tipos a 1 año para dentro de 1 año, o para dentro de 2 años, o para dentro de otro plazo.

Así, el tipo a 1 año para dentro de 3 años es el tipo estimado hoy (es decir, en función de la curva de tipos actual) que se espera se producirá una vez que hayan transcurrido 3 años, para el cuarto año.

Se obtiene a partir de la curva cupón cero, que, a su vez, como se ha comentado, puede obtenerse a partir de la curva TIR según el método recursivo. Así, los tipos a plazo están implícitos en la curva cupón cero, motivo por el cual también se les conoce como tipos implícitos. Es la denominada teoría de las expectativas.

Se va a explicar continuando con el ejemplo anterior.

El tipo implícito a 1 año inicial lógicamente coincide con el tipo cupón cero a 1 año, que a su vez coincide con la TIR a 1 año:

$$r_0^1 = 0,0458$$

El tipo a 1 año para dentro de 1 año será aquél al que hay que capitalizar el tipo cupón cero a 1 año para obtener el tipo cupón cero a 2 años:

$$(1 + r_1)^1 \cdot (1 + r_1^1)^1 = (1 + r_2)^2$$

$$(1 + 0,0458)^1 \cdot (1 + r_1^1)^1 = (1 + 0,046516)^2$$

$$r_1^1 = 0,047233$$

El tipo a 1 año para dentro de 2 años será aquél al que hay que capitalizar el tipo cupón cero a 2 años para obtener el tipo cupón cero a 3 años:

$$(1 + r_2)^2 \cdot (1 + r_2^1)^1 = (1 + r_3)^3$$

$$(1 + 0,046516)^2 \cdot (1 + r_2^1)^1 = (1 + 0,047244)^3$$

$$r_2^1 = 0,048702$$

Y así sucesivamente.

En la Tabla 2.3 se incorpora la columna de tipos a plazo.

Plazos	TIR	Cupón Cero	FWD
1 año	4,5800000%	4,5800000%	4,5800000%
2 años	4,6500000%	4,6516286%	4,7233063%
3 años	4,7200000%	4,7244636%	4,8702857%
4 años	4,7800000%	4,7878442%	4,9782160%
5 años	4,8400000%	4,8524785%	5,1114145%
6 años	4,9000000%	4,9184299%	5,2488098%
7 años	4,9400000%	4,9624252%	5,2267850%
8 años	4,9700000%	4,9955731%	5,2279017%
9 años	5,0000000%	5,0297061%	5,3031696%
10 años	5,0300000%	5,0647925%	5,3810978%

Tabla 2.3 – Curvas TIR, cupón cero y FWD

Una aplicación práctica de los tipos FWD es la estimación de los flujos futuros variables derivados de determinados instrumentos financieros⁸.

Supongamos por ejemplo un bono con las siguientes características:

- FRN
- Cupón anual referenciado al tipo de la Tabla 2.3
- Nominal: 100
- Vencimiento: 5 años
- Amortización: a la par

⁸ Es el caso de los bonos FRN o swap fijo-variable o variable-variable.

Los cupones estimados se obtendrán simplemente multiplicando el nominal por el tipo FWD. Se observa cómo el valor actual de los flujos (incluyendo el valor de reembolso al vencimiento) a la curva cupón cero es igual al nominal. Se muestra en la Tabla 2.4.

Año	Flujos	VA Flujos
0		
1	4,58	4,38
2	4,72	4,31
3	4,87	4,24
4	4,98	4,13
5	105,11	82,94
		100,00

Tabla 2.4 – Ejemplo bono FRN

El Gráfico 2.4 muestra una comparativa entre las tres curvas.

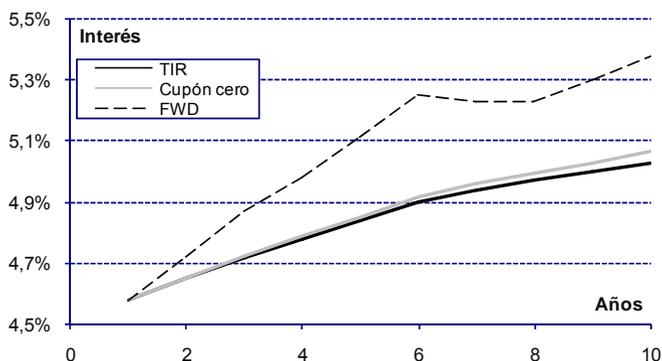


Gráfico 2.4 – Curvas TIR, cupón cero y FWD

2. DURACIÓN FINANCIERA

La duración financiera es un indicador desarrollado inicialmente por Frederick Macaulay en 1938 con la finalidad de conocer el plazo de recuperación de una inversión en uno o varios valores de renta fija.

Desde un punto de vista preliminar podrían considerarse varias medidas.

En primer lugar, la media simple de los plazos de cada uno de los flujos futuros de cobro derivados de la inversión.

Supongamos dos activos de renta fija. El activo A genera al final del primer año un flujo de 1, y al final del año 10 un flujo de 100. El activo B genera al final del

primer año un flujo de 100, y al final del año 10 un flujo de 1. Calculamos las respectivas medias simples de los plazos:

$$D_A = \frac{1+10}{2} = 5,5$$

$$D_B = \frac{1+10}{2} = 5,5$$

Aunque coincide en ambos casos (5,5 años), la inversión B se recupera mucho antes a la inversión A.

No parece adecuada una medida que no discrimina los plazos en función de los importes devengados.

Si utilizamos la media de los plazos ponderada por el importe de los flujos (no descontados) se obtienen los siguientes resultados:

$$D_A = \frac{1 \cdot 1 + 10 \cdot 100}{1 + 100} = 9,91$$

$$D_B = \frac{1 \cdot 100 + 10 \cdot 1}{100 + 1} = 1,09$$

En el activo A se obtiene un valor cercano a 10 años porque el flujo correspondiente a dicho plazo tiene un importe muy elevado. En el activo B la media es algo superior a 1 año, ya que el flujo previsto en ese instante pondera en gran medida.

Puesto que los coeficientes de ponderación utilizados en la media anterior (flujos de caja) están referidos a momentos temporales diferentes, se está incurriendo en una inconsistencia financiera. La duración financiera se calcula como la media de los plazos de cobro de los flujos futuros ponderada por el valor actual de sus respectivos flujos:

$$D = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot F_t \cdot (1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^n F_t \cdot (1+i)^{-t}}$$

Siendo:

- F_t : Flujo de cobro en el instante t
- t : Vencimiento del flujo
- n : Vencimiento del último flujo
- i : Interés
- D : Duración financiera (incógnita)

Puesto que el denominador es el precio del activo (P), se puede sustituir:

$$D = \frac{1}{P} \cdot \sum_{t=1}^n t \cdot F_t \cdot (1+i)^{-t}$$

La duración financiera se expresa en unidades temporales (años, meses, días).

Supongamos una curva de interés plana del 5%. Se obtienen los siguientes resultados:

$$D_A = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1,05^{-1} + 10 \cdot 100 \cdot 1,05^{-10}}{1 \cdot 1,05^{-1} + 100 \cdot 1,05^{-10}} = 9,86$$

$$D_B = \frac{1 \cdot 100 \cdot 1,05^{-1} + 10 \cdot 1 \cdot 1,05^{-10}}{100 \cdot 1,05^{-1} + 1 \cdot 1,05^{-10}} = 1,05$$

Resultan valores ligeramente inferiores a los anteriores, por la reducción del factor de ponderación (9,86 y 1,05 años).

La duración financiera puede entenderse como un criterio de selección de inversiones pues representa el período durante el cual se recupera el valor actual de la inversión.

En el ejemplo, aunque ambos activos tienen un vencimiento de 10 años, la duración financiera es inferior. Ligeramente inferior en el activo A (9,86 años), pues el flujo más importante se devenga precisamente al vencimiento, y mucho menor en el activo B (1,05 años), donde el flujo más importante se genera en el año 1.

También puede interpretarse la duración financiera como el período durante el cual, por término medio, la rentabilidad (TIR) de la inversión está garantizada⁹. La razón se encuentra en el riesgo de reinversión.

En el caso de los bonos cupón cero, al no existir flujos intermedios, la duración financiera coincide con el vencimiento. En los bonos con cupón periódico, la duración financiera no coincide con el vencimiento, resultando inferior a él.

Supongamos un activo de las siguientes características:

⁹ En sentido estricto la duración financiera mide el período en que, por término medio, esta garantizado el interés utilizado en su cálculo. Así, si se utiliza la TIR de compra (TIR implícita resultante de comparar el valor de compra con los flujos de cobro del activo), la duración mide el período en que, por término medio, esta garantizada la TIR de compra. Si se utiliza el interés de mercado (interés vigente en el momento de la valoración), la duración mide el período en que, por término medio, está garantizado el interés de mercado.

- Activo con cupón periódico
- Momento de adquisición: año 0
- Precio de adquisición: 90
- Cupón: 10 anual
- Valor de reembolso: 100
- Vencimiento: año 10

Los flujos de caja del activo anterior se reflejan en la Tabla 2.5.

Año	Inicial
0	-90,00
1	10,00
2	10,00
3	10,00
4	10,00
5	10,00
6	10,00
7	10,00
8	10,00
9	10,00
10	110,00

Tabla 2.5 – Flujos de activo con cupón periódico

La TIR de compra de la inversión asciende al 11,7519% y la duración financiera a 6,5763 años. La rentabilidad no estará garantizada, por término medio, hasta el vencimiento de la inversión (10 años) sino sólo durante el período que representa la duración financiera (6,5763 años) pues, a priori, se desconoce cuál será el tipo de interés al que se reinvertirán los cupones desde su obtención hasta el vencimiento.

Supongamos que cada uno de los cupones se reinvierte en un activo cupón cero, que genera una rentabilidad también igual a la TIR de compra inicial (11,7519%), y cuyos vencimientos coinciden con el vencimiento residual del activo con cupón periódico inicialmente adquirido. Es decir, el cupón obtenido en el año 1 se reinvierte en un activo cupón cero a 9 años que genera una rentabilidad anual del 11,7519%; el cupón obtenido en el año 2 se reinvierte en otro activo cupón cero a 8 años que genera igual rentabilidad; y así sucesivamente; el cupón del año 10 no es objeto de reinversión.

De esta forma, el activo inicial se convierte en una cartera de activos cupón cero, cuyo valor de adquisición es 90 en el instante 0, y cuyo valor de reembolso se produce conjuntamente en el instante 10 por importe igual a la suma de los valores de reembolso de los activos cupón cero en los que se han reinvertido los diferentes cupones así como el último flujo por importe de 110 que no es objeto de reinversión. Dicho valor de reembolso asciende a 273,40.

Se obtendría el mismo importe de la capitalización del valor de compra (90) durante 10 años al 11,7519%, es decir, considerándolo como si se tratara de un solo activo cupón cero.

La TIR de esta cartera es el 11,7519%, y su duración financiera 10 años. Puesto que se ha eliminado el riesgo de reinversión, la TIR está ahora garantizada hasta el vencimiento, que coincide con la duración financiera, al igual que ocurre con cualquier activo cupón cero.

Se representa en la Tabla 2.6.

Año	Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Final
0	-90,00										-90,00
1	10,00	-10,00									0,00
2	10,00		-10,00								0,00
3	10,00			-10,00							0,00
4	10,00				-10,00						0,00
5	10,00					-10,00					0,00
6	10,00						-10,00				0,00
7	10,00							-10,00			0,00
8	10,00								-10,00		0,00
9	10,00									-10,00	0,00
10	110,00	27,18	24,32	21,77	19,48	17,43	15,60	13,96	12,49	11,18	273,40

Tabla 2.6 – Flujos de cartera de activos con reinversión

Si, por el contrario, la rentabilidad obtenida en la reinversión de los cupones es inferior a la TIR de compra del activo, la rentabilidad final del activo será inferior al 11,7519%. Si la rentabilidad de la reinversión de los cupones es superior a la TIR de compra del activo, la rentabilidad final será más elevada.

En el momento de la adquisición de los activos, suponiendo que el mercado es perfecto, la TIR de compra coincidirá con el interés de mercado. Así, la duración representa el período en que, por término medio, está garantizada la TIR de compra o el interés de mercado de la inversión. Sin embargo, dicha conclusión sólo es aplicable en el momento de la compra del activo, no con posterioridad.

Si, como es habitual, la duración se calcula utilizando el interés de mercado, *la duración representa el período en que, por término medio, estará garantizado el interés de mercado que corresponda a dicho instante.*

Si, con posterioridad a la compra del activo, la duración se sigue calculando a la TIR de compra inicial (práctica no habitual), representará el período en que, por término medio, sigue estando garantizada la TIR de compra inicial de la inversión.

Se deduce fácilmente que cuando la rentabilidad de una inversión está garantizada durante un reducido período de tiempo, es decir, cuando la

duración financiera es reducida, existe un importante riesgo de reinversión. Al contrario, cuando la rentabilidad se garantiza en un período de tiempo elevado (en el límite igual al vencimiento del activo), el riesgo de reinversión se reduce, y la duración incrementa.

Por tanto, se puede concluir que existe una relación inversa entre la duración financiera y el riesgo de reinversión. Más exactamente, *la diferencia temporal entre el vencimiento y la duración financiera es una medida del riesgo de reinversión*. Cuanto más elevada sea dicha diferencia, más riesgo de reinversión existirá. En el límite contrario, para los activos cupón cero la diferencia entre el vencimiento y la duración financiera es nula, por lo que no existe riesgo de reinversión.

En parte derivado de lo anterior, también *puede interpretarse la duración financiera de un activo con cupón periódico como el vencimiento que ha de tener un activo cupón cero para que ambos activos sean equivalentes, en términos financieros*¹⁰.

Puede entenderse financieramente equivalente al activo con cupón periódico analizado en el ejemplo anterior un activo con las siguientes características:

- Activo cupón cero
- Momento de adquisición: año 0
- Precio de adquisición: 90
- Cupón: no existe
- Valor de reembolso: 186,88
- Vencimiento: año 6,5763

El vencimiento coincide con la duración al tratarse de un activo cupón cero.

El valor de reembolso es el resultado de capitalizar el precio de adquisición (90) hasta el vencimiento del activo (6,5763 años) a la TIR de compra (11,7519%).

Los flujos de caja del nuevo activo se reflejan en la Tabla 2.7.

Año	Cupón Cero
0,0000	-90,00
6,7590	186,88

Tabla 2.7 – Flujos de activo cupón cero

Tanto la rentabilidad (TIR) como la duración financiera coinciden en ambas inversiones. Son el 11,7519% y 6,5763 años, respectivamente.

¹⁰ Puede ser utilizado como otro método de estimación de la curva cupón cero a partir de la curva de TIR, que sustituye la coincidencia de valoraciones aplicable en el método recursivo por la coincidencia de duraciones financieras. No obstante, su aplicación práctica es menos utilizada porque requiere disponer de activos con cupón periódico con duraciones coincidentes con los plazos de la curva.

Por otra parte, es habitual el estudio de la duración de un activo de renta fija en función de tres variables¹¹: cupón explícito previsto en las condiciones de emisión, interés de mercado de cálculo, y vencimiento.

Por ejemplo, para un activo de renta fija con cupón periódico, de valor nominal 100 y que se amortiza a la par, se pueden establecer las siguientes relaciones:

- a) Para un vencimiento de 5 años y un interés de mercado del 5% se obtiene la función de la duración financiera respecto al cupón explícito representada en el Gráfico 2.5.

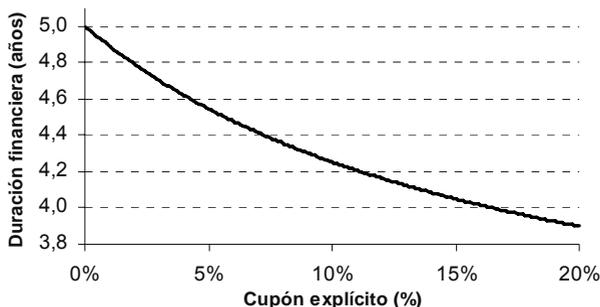


Gráfico 2.5 – Duración financiera y cupón explícito

Muestra una relación inversa. Cuanto más elevado es el cupón en mayor medida ponderarán los plazos inferiores.

- b) Para un vencimiento de 5 años y un cupón explícito del 7% se obtiene la función de la duración financiera respecto al interés de mercado que se muestra en el Gráfico 2.6.

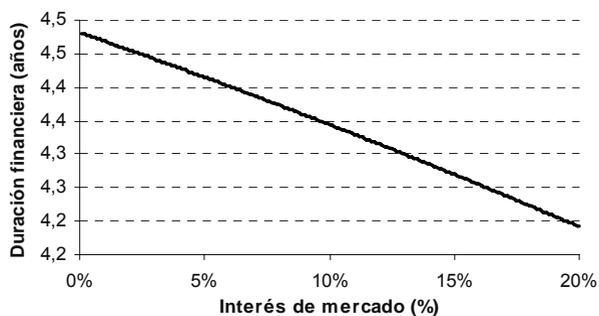


Gráfico 2.6 – Duración financiera e interés de mercado

¹¹ Véase, por ejemplo, Bierwag G. O. (1991): Análisis de la duración. La gestión del riesgo de tipo de interés. Madrid. Alianza Editorial.

Nuevamente se observa una relación inversa. El período durante el cual, por término medio, un activo garantiza el interés de mercado será tanto menor cuanto mayor sea éste.

- c) Por último, para un cupón explícito del 7% y un interés de mercado del 5% se obtiene la función de la duración financiera respecto al vencimiento del activo representada en el Gráfico 2.7.

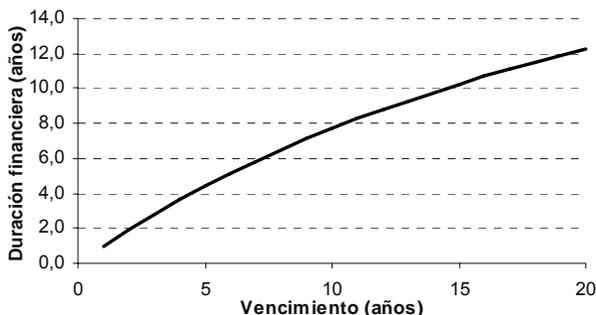


Gráfico 2.7 – Duración financiera y vencimiento

En esta ocasión, cómo fácilmente puede intuirse, la relación es directa.

Por último, es preciso aludir a la duración financiera de una cartera. Es habitual su aproximación según la media ponderada de las duraciones individuales de los activos que la componen, utilizando como coeficiente de ponderación la proporción que representa el valor de mercado de cada activo sobre el valor de mercado de la cartera:

$$D_C = \frac{1}{P_C} \cdot \sum_{j=1}^w D_j \cdot P_j$$

Siendo:

- P_j : Valor de mercado del activo j
- D_j : Duración financiera del activo j
- w : Número de títulos que componen la cartera
- P_C : Valor de mercado de la cartera
- D_C : Duración financiera de la cartera (incógnita)

No obstante, siempre que la metodología lo permita, es aconsejable su cálculo directo, es decir, a partir de los flujos globales que genera la cartera.

3. DURACIÓN FINANCIERA CORREGIDA

También se conoce como duración financiera modificada.

Representa una *medida de sensibilidad del precio de un activo ante variaciones del interés*.

La función real que relaciona al precio o valor actual de los flujos futuros del activo con el tipo de interés de mercado tiene la siguiente expresión:

$$P = F_1 \cdot (1+i)^{-1} + F_1 \cdot (1+i)^{-2} + F_1 \cdot (1+i)^{-3} + \dots + F_1 \cdot (1+i)^{-n}$$

Matemáticamente, la variación del precio (en unidades monetarias) en función de variaciones unitarias del tipo de interés se mide por la primera derivada de la función anterior:

$$\frac{dP}{di} = -1 \cdot F_1 \cdot (1+i)^{-1-1} - 2 \cdot F_2 \cdot (1+i)^{-2-1} - 3 \cdot F_3 \cdot (1+i)^{-3-1} - \dots - n \cdot F_n \cdot (1+i)^{-n-1}$$

$$\frac{dP}{di} = -(1+i)^{-1} \cdot [1 \cdot F_1 \cdot (1+i)^{-1} + 2 \cdot F_2 \cdot (1+i)^{-2} + 3 \cdot F_3 \cdot (1+i)^{-3} + \dots + n \cdot F_n \cdot (1+i)^{-n}]$$

$$\frac{dP}{di} = - \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot F_t \cdot (1+i)^{-t}}{(1+i)}$$

El signo negativo indica la relación inversa existente entre el interés y el precio. La duración financiera corregida (*DC*) mide la elasticidad o sensibilidad del precio de un activo ante variaciones unitarias del tipo de interés, con la particularidad de que, por tratarse de una medida de variación relativa, no se mide en unidades monetarias (como ocurre con la primera derivada) sino en porcentaje¹². Por tanto, bastará con dividir la primera derivada entre el precio para obtener la duración financiera corregida:

$$DC = \frac{\left(\frac{dP}{di}\right)}{P}$$

$$DC = - \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot F_t \cdot (1+i)^{-t}}{(1+i) \cdot P}$$

¹² Aunque es habitual expresar la duración corregida en porcentaje también puede expresarse en cualquier otra unidad de variación (por ejemplo, tanto por mil o tanto por uno).

Cuanto mayor sea la duración, mayor será la sensibilidad del valor actual ante variaciones del interés.

La duración financiera tiene la siguiente expresión:

$$D = \frac{1}{P} \cdot \sum_{t=1}^n t \cdot \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Se deduce fácilmente la relación existente entre la duración financiera corregida y la duración financiera:

$$DC = -\frac{D}{1+i}$$

Puede expresarse la primera derivada (variación absoluta) en función de la duración corregida (variación relativa):

$$\frac{dP}{di} = DC \cdot P$$

La variación total del precio será:

$$dP = di \cdot DC \cdot P$$

La variación del interés se puede expresar como diferencia entre el nuevo interés (i^*) y el interés inicial de mercado (i):

$$dP = (i^* - i) \cdot DC \cdot P$$

El precio (estimado) después de la variación del interés (P^{*E}) será:

$$P^{*E} = P + (i^* - i) \cdot DC \cdot P$$

Se puede plantear la función lineal que relaciona al nuevo precio con el nuevo interés simplemente operando en la expresión anterior:

$$P^{*E} = (P - i \cdot DC \cdot P) + (DC \cdot P) \cdot i^*$$

La pendiente de la función (coeficiente de la variable independiente de la recta, es decir, del interés i^*), es la primera derivada:

$$pendiente = \frac{dP}{di} = DC \cdot P$$

La función lineal anterior, que estima el precio del activo ante variaciones del interés a través de la duración corregida, encuentra su fundamento matemático

en el desarrollo de Taylor. El precio (real y exacto) del activo (P^{*R}), desarrollando sólo la primera derivada, es el siguiente:

$$P^{*R} = P + \frac{\left(\frac{dP}{di}\right)}{1!} \cdot (i^* - i) + \varepsilon$$

ε incorpora el error, que corresponde al desarrollo de las sucesivas derivadas (segunda, tercera, y siguientes).

El precio (estimado) que proporciona la primera derivada será:

$$P^{*E} = P + \frac{\left(\frac{dP}{di}\right)}{1!} \cdot (i^* - i)$$

Expresión equivalente a la que se obtuvo con anterioridad:

$$P^{*E} = P + (i^* - i) \cdot DC \cdot P$$

No obstante, la función real que relaciona al precio del activo con el tipo de interés no es lineal sino convexa. Más exactamente, la función lineal estimada es tangente a la función real convexa para el interés inicial.

Por tanto, en la estimación del precio mediante la duración corregida se incurre en un error. Cuando incrementa el tipo de interés el precio estimado disminuye proporcionalmente mientras que el precio real lo hace menos que proporcionalmente. Por su parte, cuando disminuye el interés el precio estimado mediante la duración incrementa proporcionalmente, mientras que el precio real lo hace más que proporcionalmente.

El error cometido se obtiene por diferencia:

$$error = P^{*R} - P^{*E}$$

Dicho error, que siempre será positivo, va incrementado conforme se eleva el importe de la variación del interés, con independencia de que ésta sea positiva o negativa.

Así, cuando la variación del interés es mínima (infinitesimal) la valoración estimada a través de la duración corregida es una buena estimación, ya que se aproxima, en gran medida, al valor real. Cuando las variaciones, positivas o negativas, son significativas, la estimación no es buena y deberá corregirse.

A continuación se va a examinar como ejemplo un activo que genera durante los próximos 20 años un flujo unitario.

El precio del activo dependerá de cuál sea el interés de mercado:

$$P = 1 \cdot (1+i)^{-1} + 1 \cdot (1+i)^{-2} + 1 \cdot (1+i)^{-3} + \dots + 1 \cdot (1+i)^{-20}$$

Para un interés de mercado del 10% obtenemos el siguiente precio:

$$P = 1 \cdot (1+0,1)^{-1} + 1 \cdot (1+0,1)^{-2} + 1 \cdot (1+0,1)^{-3} + \dots + 1 \cdot (1+0,1)^{-20} = 8,5136 \text{ u.m.}$$

Supongamos ahora que el interés de mercado se eleva al 15%. El precio real resultante asciende a 6,2593:

$$P^{*R} = 1 \cdot (1+0,15)^{-1} + 1 \cdot (1+0,15)^{-2} + 1 \cdot (1+0,15)^{-3} + \dots + 1 \cdot (1+0,15)^{-20} = 6,2593 \text{ u.m.}$$

El Gráfico 2.8 muestra la función del precio real respecto al interés.

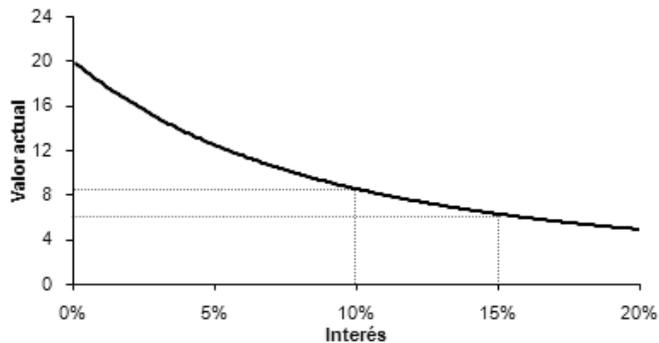


Gráfico 2.8 – Precio real

Calculamos ahora la primera derivada:

$$\frac{dP}{di} = -\frac{63,9205}{1,1} = -58,1095 \text{ u.m.}$$

Significa que si el interés incrementa en 1 (en tanto por ciento supone un 100%), el precio disminuye en 58,1095 u.m.

Dividiendo por 100:

$$\frac{-58,1095}{100} = -0,581095 \text{ u.m.}$$

Significa que si el interés incrementa en 0,01 (1%), el precio disminuye en 0,581095 u.m.

El cálculo de la duración corregida es inmediato:

$$DC = -\frac{58,1095}{8,5136} = -6,8255$$

Significa que cuando el interés incrementa en 1 (100%), el precio disminuye un 682,55%. Dicho de otra forma, cuando el interés incrementa en 0,01 (1%), el precio disminuye un 6,8255%.

Podemos verificar el resultado anterior a partir de la duración financiera:

$$D = \frac{1}{8,5135} \cdot \sum_{t=1}^{20} t \cdot \frac{1}{(1+0,1)^t} = 7,5081 \text{ años}$$

$$DC = -\frac{7,5081}{1+0,1} = -6,8255$$

Si el interés se eleva al 15% el precio del activo experimenta una variación que puede estimarse mediante la duración corregida:

$$dP = (0,15 - 0,1) \cdot (-6,8255) \cdot 8,5135 = -2,9054 \text{ u.m.}$$

El precio del activo disminuye 2,9054 u.m. cuando el interés incrementa del 10% al 15%.

El nuevo precio (estimado) del activo será:

$$P^{*E} = 8,5136 - 2,9054 = 5,6081 \text{ u.m.}$$

Mientras que el precio real es 6,2593 u.m., el precio estimado mediante la duración es 5,6081 u.m.

El error resultante es:

$$error = 6,2593 - 5,6081 = 0,6512 \text{ u.m.}$$

Representa sobre el valor real un 10,40%, lo que supone un error elevado, debido precisamente a que también ha sido elevada la variación del tipo de interés (+5%).

El Gráfico 2.9 compara la función real con el precio estimado.

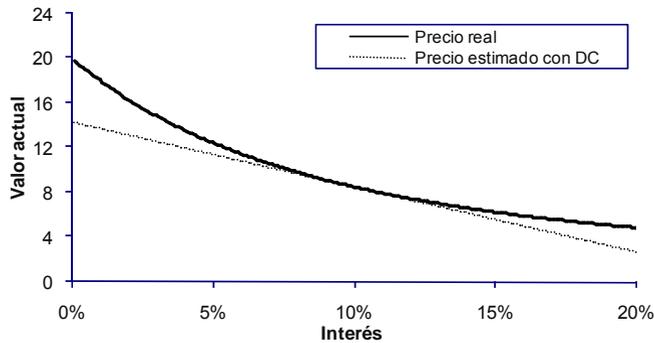


Gráfico 2.9 – Precio real y precio estimado según duración

La función lineal que expresa el nuevo precio (estimado) a partir de la nueva tasa de interés será:

$$P^{*E} = [8,5136 - 0,1 \cdot (-6,8255) \cdot 8,5135] + (-6,8255) \cdot 8,5135 \cdot i^*$$

$$P^{*E} = 14,3245 - 58,1095 \cdot i^*$$

La función lineal estimada mediante la duración corregida es tangente a la curva en el tipo de interés de partida del 10%.

Si el interés sube al 20%, el precio real será 4,8696, el precio estimado mediante la duración 2,7026, y el error cometido 2,1670. Se confirma que el error incrementa de forma considerable.

Por último, y de la misma forma que se hizo respecto a la duración financiera, interesa indicar que suele aproximarse la duración corregida de una cartera (DC_C) como la media ponderada de las duraciones corregidas individuales de los activos que la componen, utilizando como coeficiente de ponderación la proporción que representa el valor de mercado de cada activo sobre el valor de mercado de la cartera:

$$DC_C = \frac{1}{P_C} \cdot \sum_{j=1}^w DC_j \cdot P_j$$

4. CONVEXIDAD

El error incurrido en la estimación del valor del activo mediante la duración corregida será tanto mayor cuanto más convexa sea su función real¹³.

¹³ Convexidad respecto al origen de coordenadas.

Desde el punto de vista matemático, la primera derivada no es suficiente para explicar el cambio del precio ante la variación del interés, de ahí el error incurrido. A medida que se consideran más derivadas el error se reduce. No obstante, en la práctica sólo es habitual incorporar la segunda derivada pues la contribución a la exactitud de la valoración por la incorporación de las restantes derivadas es reducida y la complejidad matemática se incrementa de forma considerable¹⁴.

Partimos, nuevamente, de la función del precio del activo como valor actual de sus flujos futuros al tipo de interés de mercado:

$$P = F_1 \cdot (1+i)^{-1} + F_2 \cdot (1+i)^{-2} + F_3 \cdot (1+i)^{-3} + \dots + F_n \cdot (1+i)^{-n}$$

Se calculan a continuación las derivadas primera y segunda:

$$\frac{dP}{di} = -1 \cdot F_1 \cdot (1+i)^{-1-1} - 2 \cdot F_2 \cdot (1+i)^{-2-1} - 3 \cdot F_3 \cdot (1+i)^{-3-1} - \dots - n \cdot F_n \cdot (1+i)^{-n-1}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2P}{di^2} = & -1 \cdot (-2) \cdot F_1 \cdot (1+i)^{-2-1} - 2 \cdot (-3) \cdot F_2 \cdot (1+i)^{-3-1} - 3 \cdot (-4) \cdot F_3 \cdot (1+i)^{-4-1} - \dots \\ & \dots - n \cdot (-n-1) \cdot F_n \cdot (1+i)^{-n-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2P}{di^2} = & (1+i)^{-2} \cdot \left[1 \cdot 2 \cdot F_1 \cdot (1+i)^{-1} + 2 \cdot 3 \cdot F_2 \cdot (1+i)^{-2} + 3 \cdot 4 \cdot F_3 \cdot (1+i)^{-3} + \dots \right. \\ & \left. \dots + n \cdot (n+1) \cdot F_n \cdot (1+i)^{-n} \right] \end{aligned}$$

$$\frac{d^2P}{di^2} = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot (t+1) \cdot F_t \cdot (1+i)^{-t}}{(1+i)^2}$$

La segunda derivada mide las variaciones de la primera derivada ante variaciones unitarias del interés.

De la misma forma que la duración corregida es la primera derivada dividida entre el precio, la convexidad (c) es la segunda derivada dividida entre el precio:

$$c = \frac{\left(\frac{d^2P}{di^2} \right)}{P}$$

¹⁴ En sentido estricto la convexidad alude al error explicado por la segunda y sucesivas derivadas. En sentido amplio suele entenderse por convexidad únicamente el error explicado sólo por la segunda derivada. En el presente estudio se acoge ésta última acepción.

$$c = \frac{\sum_{t=1}^n t \cdot (t+1) \cdot F_t \cdot (1+i)^{-t}}{(1+i)^2 \cdot P}$$

A diferencia de la duración corregida, la convexidad es siempre positiva.

Según el desarrollo de Taylor, el precio del activo (real y exacto) ante una variación del tipo de interés, es el siguiente:

$$P^{*R} = P + \frac{\left(\frac{dP}{di}\right)}{1!} \cdot (i^* - i) + \frac{\left(\frac{d^2P}{di^2}\right)}{2!} \cdot (i^* - i)^2 + \varepsilon$$

ε incorpora el error, que corresponde al desarrollo de las sucesivas derivadas (tercera, cuarta, y siguientes).

El precio (estimado) que proporciona la duración corregida y la convexidad a través de las derivadas primera y segunda será:

$$P^{*E} = P + \frac{\left(\frac{dP}{di}\right)}{1!} \cdot (i^* - i) + \frac{\left(\frac{d^2P}{di^2}\right)}{2!} \cdot (i^* - i)^2$$

O, en otra nomenclatura:

$$P^{*E} = P + (i^* - i) \cdot DC \cdot P + (i^* - i)^2 \cdot c \cdot P \cdot \frac{1}{2}$$

Es un precio más exacto al precio que se obtenía solamente a partir de la duración corregida, pero también aproximado porque no considera el resto de derivadas¹⁵.

Pueden resaltarse varias características del precio (estimado) al incorporar la convexidad.

En primer lugar, se obtienen aproximaciones por exceso o por defecto para variaciones positivas o negativas, respectivamente, del tipo de interés. Dicho de otra forma, el error incurrido muestra diferente signo según se trate de variaciones positivas o negativas del tipo de interés. El fundamento matemático se halla en la alternancia de signos del desarrollo de Taylor para los términos correspondientes a las sucesivas derivadas.

¹⁵ Es común que algunos textos incluyan dentro de la convexidad el factor 1/2. No obstante, no forma parte propiamente de la convexidad, proveniente del desarrollo de Taylor.

En segundo lugar, el error resultante no es simétrico, porque tampoco lo es la convexidad. Es decir, la variación negativa del precio ante un incremento del tipo de interés no coincide, en valor absoluto, a la variación positiva del precio ante una disminución del tipo de interés de igual magnitud. Más exactamente, la convexidad es más pronunciada ante reducciones que ante incrementos del tipo de interés.

No obstante, con independencia de la discrepancia de signo y la ausencia de simetría, el precio estimado al incorporar la convexidad reduce el error y mejora la aproximación respecto a la estimación obtenida al utilizar únicamente la duración corregida.

Finalmente, también la convexidad de la cartera (c_C) se suele obtener de forma aproximada como la media ponderada de las convexidades individuales de los activos que la componen, utilizando el mismo coeficiente de ponderación que en las duraciones:

$$c_C = \frac{1}{P_C} \cdot \sum_{j=1}^w c_j \cdot P_j$$

En el mismo ejemplo del apartado anterior calculamos la segunda derivada:

$$\frac{d^2 P}{di^2} = \frac{781,9472}{1,21} = 646,2374$$

Y la convexidad:

$$c = \frac{646,2374}{8,5136} = 75,9068$$

La función lineal del precio (estimado) considerando únicamente la duración corregida fue obtenida en el apartado anterior:

$$P^{*E} = P + (i^* - i) \cdot DC \cdot P = 14,3245 - 58,1095 \cdot i^*$$

Añadiendo el componente de la convexidad:

$$P^{*E} = 14,3245 - 58,1095 \cdot i^* + (i^* - i)^2 \cdot c \cdot P \cdot \frac{1}{2}$$

$$P^{*E} = 14,3245 - 58,1095 \cdot i^* + (i^* - 0,1)^2 \cdot 75,9068 \cdot 8,5136 \cdot \frac{1}{2}$$

$$P^{*E} = 323,1200 \cdot i^{*2} - 122,7335 \cdot i^* + 17,5557$$

El precio (estimado) del activo, considerando tanto la duración corregida como la convexidad, será:

$$P^{*E} = 8,5136 + (0,15 - 0,1) \cdot (-6,8255) \cdot 8,5136 + (0,15 - 0,1)^2 \cdot 75,9068 \cdot 8,5136 \cdot \frac{1}{2} = 6,4159$$

$$P^{*E} = 323,1200 \cdot 0,15^2 - 122,7335 \cdot 0,15 + 17,5557 = 6,4159$$

En la Tabla 2.8 se refleja una comparativa de los precios obtenidos para un interés de mercado del 15% y 5%.

	15%	5%
Precio real	6,2593	12,4622
Precio estimado según la duración corregida	5,6081	11,4190
Precio estimado según la duración corregida y la convexidad	6,4159	12,2268

Tabla 2.8 – Precios real y estimados

Se observa que mientras que el precio estimado incorporando la convexidad para una variación positiva del tipo de interés (15%) ofrece una aproximación por exceso, para una variación negativa del tipo de interés (5%) resultan aproximaciones por defecto.

También se observa que dicho error no es simétrico. Mientras que ante una variación del interés de +5% el error es -0,1566, ante una variación de -5% el error cometido es 0,2354.

En el Gráfico 2.10 se constatan fácilmente las conclusiones anteriores.

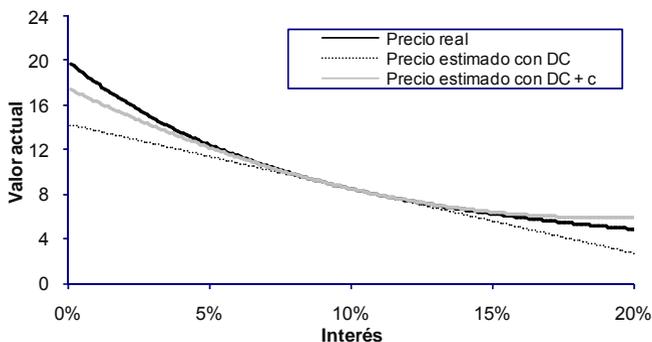


Gráfico 2.10 – Precio real y precios estimados según duración y convexidad

Si los plazos correspondientes a los vencimientos de los diferentes flujos de cobro o pago se consideran como una variable estadística, la duración financiera no es más que una media ponderada de dicha variable. La *dispersión* de la variable representa la variabilidad de los valores de la variable

respecto a la duración financiera. Originariamente Redington¹⁶ analiza la inmunización del riesgo de interés utilizando el concepto de dispersión en vez de convexidad. No obstante, existe una relación directa entre ambas variables. Así, cuanto mayor es la dispersión de los plazos respecto a la duración financiera, mayor es la convexidad.

Según se ha expuesto, mediante la duración se puede estimar de forma fiable el precio de un activo ante variaciones infinitesimales del tipo de interés. Cuando tales variaciones son de cuantía significativa, la duración financiera no ofrece valores adecuados, debiéndose incorporar el efecto de la convexidad para corregir y mejorar la valoración¹⁷.

Por otra parte, tanto el precio estimado utilizando la duración corregida como el resultante de incorporar la convexidad incurren en un segundo error. La utilización en ambas expresiones, como una variable más, del interés (i), considera las dos hipótesis siguientes:

- El interés inicial es igual para todos los plazos en que se generan flujos
- La variación del interés es igual para tales plazos

En el Gráfico 2.11 se muestran las curvas de interés consideradas en el ejemplo (curva de interés inicial plana del 10% y variación de +5%).

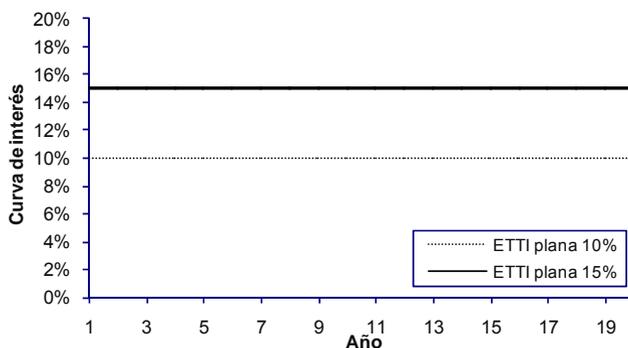


Gráfico 2.11 – ETTI planas

En el caso particular de un activo cupón cero se cumplen ambas hipótesis. Puesto que un activo cupón cero sólo genera como flujo de cobro el valor de reembolso, sólo le afecta el tipo de interés y la variación correspondiente al vencimiento. Por tanto, le resultan indiferentes la forma inicial así como la variación de la ETTI.

¹⁶ En el capítulo 4 de inmunización por duraciones se analiza con mayor detalle el planteamiento inicial de Redington.

¹⁷ Estimación que, aunque continúa siendo inexacta porque omite las variaciones explicadas por la tercera y siguientes derivadas, puede calificarse de aceptable.

No obstante, en la gran mayoría de los casos no se cumple ninguna de las dos hipótesis anteriores. Así, la ETTI no suele ser plana, correspondiendo a cada flujo un interés distinto según su vencimiento, normalmente creciente. Igualmente, la variación del interés de la ETTI tampoco suele ser paralela, pudiéndose observar una bajada de tipos a corto plazo y una subida de tipos a largo plazo, o la situación inversa, o variaciones de igual signo pero de diferente intensidad.

Anexo 2.1 Criterios de selección de inversiones

Existen diversos métodos de selección de inversiones. En el presente Anexo se va a realizar una comparativa entre los métodos más utilizados mediante un ejemplo práctico.

Supongamos dos inversiones con las siguientes características:

- Desembolso inicial: 100
- Horizonte temporal: 4 años
- Flujos de caja de la inversión A: 42, 30, 25 y 10
- Flujos de caja de la inversión B: 35, 28, 25 y 21
- Rentabilidad mínima exigida por el inversor: 3%

La Tabla 2.9 muestra los resultados obtenidos.

Año	Inversión A				Inversión B			
	Flujo	VA	Suma	Año*VA	Flujo	VA	Suma	Año*VA
0	-100,00				-100,00			
1	42,00	40,78	42,00	40,78	35,00	33,98	35,00	33,98
2	30,00	28,28	72,00	56,56	28,00	26,39	63,00	52,79
3	25,00	22,88	97,00	68,64	25,00	22,88	88,00	68,64
4	10,00	8,88	107,00	35,54	21,00	18,66	109,00	74,63
	3,42%	100,82	3,30	201,51	3,87%	101,91	3,57	230,03
				2,00				2,26

Tabla 2.9 – Ejemplo sobre selección de inversiones

El **Valor Actual Neto (VAN)** se obtiene simplemente descontando los flujos de caja a una tasa de descuento igual a la rentabilidad mínima exigida por el inversor. Se obtienen valores de 100,82 y 101,91. Todo inversor estará dispuesto a pagar un importe de 100 por una inversión cuyo valor es superior. No obstante, la inversión B presenta un valor superior.

La **TIR** se corresponde con la tasa de descuento que hace que el VAN sea nulo. Resultan tasas de 3,42% y 3,87%. En ambos casos las rentabilidades son superiores a la tasa mínima exigida por el inversor. Al igual que en el criterio anterior la inversión B es preferible.

El **período medio de recuperación (payback)** es el año donde los flujos de cobro acumulados coinciden con el desembolso inicial. Interpolando de forma lineal la inversión A se recupera antes que la inversión B (3,30 años frente a 3,57 años). Por tanto, este método recomienda la inversión A. La **duración financiera**¹⁸ reduce el período medio de recuperación al incorporar el factor financiero (2,00 años frente a 2,26 años). El principal problema de este método

¹⁸ Véase apartado 2.

es que ignora la rentabilidad de las inversiones. Así, si por ejemplo el flujo del año 4 fuera muy elevado ponderaría en gran medida incrementando la duración y reforzando erróneamente la preferencia de la inversión A.

3 CASAMIENTO DE FLUJOS

1. INTRODUCCIÓN

Especialmente cuando existe un escenario de elevados tipos de interés, suelen utilizarse dos medidas de prudencia simultáneas para garantizar la solvencia de las entidades aseguradoras. Por un lado, el establecimiento de tipos de interés máximos de cálculo de la provisión matemática. Por otro lado, la obligación de calcular la provisión por un método prospectivo.

Por disciplina comunitaria el interés máximo de cálculo de la provisión matemática se define como el 60% del interés de la deuda pública. Sin embargo, no parece razonable obligar a las entidades aseguradoras a calcular en todo caso la provisión a dicho interés máximo, sin considerar el tipo de interés garantizado en la póliza y la rentabilidad de las inversiones asignadas¹⁹.

Mediante los sistemas de inmunización financiera se faculta a las entidades aseguradoras a calcular la provisión matemática a un tipo de interés superior al límite legal máximo, obtenido a partir de la rentabilidad de las inversiones asignadas.

Si una entidad garantiza un tipo de interés elevado durante un largo período de tiempo, adecuado a las condiciones del mercado existentes en el momento de la emisión de la póliza, está asumiendo un importante riesgo de interés por caída de tipos. La entidad aseguradora deberá mantener la garantía comprometida al asegurado hasta el vencimiento de la póliza, con independencia de que la rentabilidad obtenida de las inversiones asignadas sea inferior²⁰. Si el tipo de interés de cálculo de la provisión matemática se determina en función de la rentabilidad de las inversiones, si ésta se reduce la provisión incrementa para reflejar el riesgo de reinversión.

Una forma de inmunizar el riesgo de tipo de interés es conseguir que la corriente de flujos de cobro y pago coincida en tiempo y cuantía. En tal caso,

¹⁹ Solvencia II prevé la utilización del interés libre de riesgo. Véase capítulo 5.

²⁰ Es especialmente relevante el riesgo de reinversión en seguros a prima periódica (por la posibilidad de que la rentabilidad derivada de la inversión de las primas futuras sea insuficiente) o en seguros en los que la duración de los compromisos es marcadamente superior a la duración de las inversiones (por la posible insuficiencia de la rentabilidad de los activos adquiridos por reinversión de los saldos de tesorería).

con independencia del comportamiento experimentado por el tipo de interés de mercado, siempre que la entidad aseguradora deba afrontar el pago del capital asegurado o los gastos de gestión, dispondrá del oportuno cobro derivado de la cartera de inversiones asignadas. Este sistema se denomina casamiento de flujos, o cash-flow matching en la terminología anglosajona, o calce de activos en algunos países latinoamericanos.

El riesgo de crédito se controla exigiendo una calidad crediticia mínima de las inversiones asignadas y aplicando coeficientes reductores por rating en el tipo de interés de cálculo de la provisión matemática.

2. FLUJOS DE PAGO

2.1. Exclusiones²¹

Existen algunas modalidades a las que no resultan aplicables los sistemas de inmunización financiera. Tal es el caso de los seguros unit linked o seguros en los que el tomador asume el riesgo de la inversión. Carece de sentido adoptar una estrategia para inmunizar un riesgo en una modalidad de seguro en que dicho riesgo no existe.

2.2. Grupo homogéneo

La posibilidad de inmunizar conjuntamente varios productos de seguro goza del beneficio de la compensación. Así, supongamos en un planteamiento teórico dos productos. Si en una fecha determinada uno de los productos tiene flujos de cobro superiores a los flujos de pago, aparece superávit. Si en la misma fecha el otro producto tiene flujos de cobro inferiores a los flujos de pago, aparece déficit. Si ambos productos se inmunizan separadamente sólo el primero alcanza un casamiento de flujos adecuado. Si la inmunización abarca a ambos productos, los superávit y déficit pueden verse compensados y lograrse un cumplimiento global.

Pueden mencionarse varios posibles criterios de delimitación del concepto de grupo homogéneo:

- En primer lugar podría entenderse por grupo homogéneo las pólizas de un mismo producto. Es un criterio restrictivo y requiere la definición de un nuevo concepto, el producto de seguro. En la práctica es habitual entender como producto de seguro aquél que dispone, o debe disponer, de una base técnica propia. Tratándose de varias series de un mismo producto²² en principio debería aceptarse su calificación como grupo homogéneo.

²¹ La normativa española también extiende la exclusión al seguro de decesos.

²² Son emisiones sucesivas del producto, con características similares aunque con diferentes inversiones asignadas o tipo de interés garantizado.

- En un sentido más amplio, también cabría considerar como grupo homogéneo al conjunto de pólizas con idénticas o similares coberturas, con independencia de que se trate o no del mismo producto.

No es fácil concretar lo que ha de entenderse por coberturas similares. Así, puede resultar dudosa por ejemplo la asimilación entre rentas vitalicias o temporales, o capitales diferidos con diferentes vencimientos.

En este punto surge un aspecto controvertido, el derecho de rescate. En principio, parece razonable exigir que la definición del valor de rescate sea similar en todas las pólizas del grupo homogéneo. Si el valor de rescate está referenciado al valor de mercado de las inversiones, dicha referencia debería girar para todas las pólizas sobre el mismo grupo de inversiones. Con un sencillo ejemplo puede fácilmente intuirse el riesgo que se trata de evitar. Supongamos una inmunización conjunta de 2 pólizas (A y B), con iguales coberturas, respaldadas por 2 activos (A y B). La inmunización se efectúa a 20 años. Por las características de los activos, los flujos de cobro del activo A se obtienen durante los 10 primeros años y los flujos de cobro del activo B se obtienen durante los últimos 10 años. El valor de rescate de la póliza A es igual al valor de mercado del activo A, y el valor de rescate en la póliza B es igual al valor de mercado del activo B. Por tanto, no se cumple el requisito de que el valor de rescate de ambas pólizas esté referenciado al valor de mercado de ambos activos. Supongamos ahora que por circunstancias del mercado, en el año 1, el activo A registra una importante subida de precio, que conlleva el rescate masivo de todos los asegurados de la póliza A. Después del rescate, siguen existiendo flujos de pago (por la póliza B) durante 19 años, y flujos de cobro (del activo B) durante sólo los últimos 10 años. El casamiento se rompe.

- Una tercera posibilidad es omitir una regulación definidora del concepto de grupo homogéneo, trasladando su delimitación a la propia entidad aseguradora²³.

El riesgo principal de inmunizar conjuntamente pólizas con diferentes coberturas, si es esa la opción elegida por la entidad, aparece nuevamente en el supuesto de que el derecho de rescate no esté referenciado a la misma cartera de inversiones. Debido a la relevancia de este punto se ha optado por un análisis pormenorizado en el apartado 2.4.

2.3. Prestaciones

Los flujos de pago por prestaciones deberán calcularse, en las respectivas fechas, según las coberturas asumidas en la póliza. Deben igualmente incluirse los gastos de liquidación de siniestros.

²³ Este es el criterio considerado en la normativa española, complementado con determinadas cautelas.

Es preciso aclarar que se trata de flujos actuariales o probables, pues en su cálculo se requiere la utilización de las correspondientes probabilidades de fallecimiento o supervivencia.

2.4. Derecho de rescate

Pueden analizarse tres cuestiones:

- En primer lugar, si se deben considerar o no hipótesis de rescate en la estimación de los flujos de pago.

Es obvio que durante la vida del seguro se van a producir salidas por rescate en el caso de que dicho derecho exista. Por tanto, todo escenario realista debería considerar hipótesis de rescate en la proyección de los flujos de pago²⁴.

La modelización del derecho de rescate es un proceso complejo. Es difícil identificar los motivos que explican el ejercicio del derecho de rescate por parte del tomador de seguro. Pueden influir factores demográficos, fiscales, personales, o económicos, entre otros. Y mayor dificultad tiene aún su cuantificación. A veces el valor de rescate se identifica o referencia al valor de mercado de las inversiones asignadas. En otras ocasiones, fundamentalmente por motivos comerciales, la definición se realiza a partir de fórmulas que ofrezcan una mayor certeza al tomador de seguro tales como la provisión matemática o la actualización de los flujos futuros de pago a una determinada tasa o curva de interés. También es habitual establecer penalizaciones en base a consideraciones tales como los costes de transacción incurridos en la liquidación anticipada de las inversiones asignadas, la amortización pendiente de las comisiones descontadas, en el caso de que exista, o los beneficios futuros de la póliza.

Las dificultades anteriores, así como motivos de prudencia, aconsejan la no admisión de hipótesis de rescate en el cálculo de la provisión matemática²⁵.

- En segundo lugar, el tratamiento del riesgo masivo de rescate.

La provisión matemática contable es la que resulta de utilizar las hipótesis técnicas previstas en la base técnica y la normativa reguladora. Se deben delimitar aspectos tales como el método de capitalización, la base de

²⁴ Solvencia II e IASB establecen expresamente la necesidad de incorporar hipótesis de rescate en la determinación de los flujos de pago para el cálculo de la provisión. La determinación de los requerimientos de capital prevé igualmente un módulo por riesgo de rescate que analiza escenarios de desviación en las hipótesis de rescate.

²⁵ Este es el criterio aplicado en diversos países, incluido España.

cálculo, el tipo de interés, las tablas de mortalidad, los gastos de gestión o las hipótesis de rescate²⁶.

La provisión matemática contable, derivada de las anteriores hipótesis, no tiene por qué coincidir con el valor de rescate.

Si el valor de rescate se ha definido en relación al valor de mercado de las inversiones asignadas es evidente la posibilidad de discrepancia entre ambos valores.

Cuando el valor de rescate se define en relación a la provisión matemática es preciso preguntarse qué debe entenderse como tal. La identificación de la provisión a efectos de rescate con la provisión contable podría generar ciertas incoherencias. Supongamos dos entidades aseguradoras, A y B, que han definido en la póliza el valor de rescate como la provisión matemática. Si la entidad A calcula la provisión matemática a un interés derivado de las inversiones asignadas por estar utilizando técnicas de inmunización financiera, y la entidad B calcula la provisión utilizando el interés legal máximo, ambas provisiones son muy diferentes, mientras que el valor de rescate debería ser el mismo. Por tal motivo las regulaciones suelen establecer que cuando el valor de rescate se define en relación a la provisión matemática, se entenderá por tal la provisión derivada de las hipótesis implícitas en el cálculo de la prima. Nuevamente aparece la posibilidad de discrepancia entre provisión contable y valor de rescate.

La provisión matemática, como todas las provisiones, refleja obligaciones futuras de la entidad aseguradora. Podemos distinguir dos supuestos:

- a) Si la provisión contable es superior al valor de rescate, las obligaciones futuras de la entidad no se ven incrementadas en caso de rescate masivo.
- b) Si la provisión contable es inferior al valor de rescate, las obligaciones futuras de la entidad se verían incrementadas en caso de rescate masivo.

Así, en el supuesto b), deberá procederse a incrementar la provisión contable hasta alcanzar el valor de rescate garantizado, que opera a estos

²⁶ En España la provisión se calcula prospectivamente por un método de capitalización individual utilizando como base de cálculo la prima de inventario. En seguros a prima periódica se podrán activar las comisiones descontadas con el límite previsto en la base técnica. Se establece un tipo de interés máximo igual al 60% de la deuda pública, salvo que se utilicen sistemas de inmunización financiera, en cuyo caso el interés se determina a partir de la rentabilidad de las inversiones asignadas. Se deberán utilizar tablas de mortalidad prudentes, con un período de observación no más alejado en veinte años a la fecha de cálculo de la provisión. Se considerarán los recargos teóricos para gastos de administración. Y no se admite la consideración de tasas de rescate.

efectos como un mínimo legal. En otro caso el pasivo no estaría reflejando las obligaciones futuras en las que puede incurrir la entidad aseguradora²⁷.

Pero quedaría incompleto el régimen anterior de garantías si no se complementara con la exigencia de suficiencia del valor de mercado de las inversiones asignadas. Es decir, una vez que la provisión matemática es suficiente para atender las obligaciones asumidas, incluido el riesgo de rescate masivo, deberá garantizarse que el valor de mercado de las inversiones asignas es suficiente para afrontar dicho pago.

Cuando el valor de rescate se ha definido como el valor de mercado de las inversiones asignadas (o de cualquier otra forma pero estableciendo como límite máximo dicho valor de mercado), por definición este riesgo no existe.

Cuando se define el derecho de rescate de forma que puede superar al valor de mercado de las inversiones asignadas, la entidad está asumiendo un riesgo por el diferencial positivo entre ambos valores ante un eventual ejercicio del derecho de rescate. En tal caso se deberá establecer un adecuado sistema de control que permita su comparación permanente, así como análisis prospectivos de sensibilidad ante variaciones de los tipos de interés. En caso en que el valor de rescate supere (o pueda superar, bajo escenarios probables de realización) al valor de mercado de los activos asignados, la entidad deberá asignar nuevos activos que reviertan (o eviten) la situación de riesgo. En caso contrario se debería dotar provisión matemática complementaria.

Una cuestión básica en este punto es la existencia de liquidez efectiva a precios de mercado de los activos asignados, especialmente si se trata de instrumentos derivados. En otro caso, el importe de la venta de las inversiones asignadas tampoco garantizaría el flujo de pago por rescate.

- Finalmente, el tratamiento del riesgo de descasamiento temporal por motivos de rescate.

Cuando se realiza una definición amplia de grupo homogéneo de riesgo cobra especial importancia la posibilidad de descasamiento temporal por riesgo de rescate cuando la definición del valor de rescate se realiza al margen del valor de mercado de las inversiones asignadas. La coexistencia de asegurados con perfiles de riesgo de rescate diferentes puede afectar de forma determinante al mantenimiento de una corriente paralela de cobros y pagos.

²⁷ Puede criticarse, en contra de este criterio, que tampoco es realista la hipótesis de rescate masivo por parte del colectivo asegurado. Solvencia II, tal y como se ha expuesto, establece la necesidad de incorporar hipótesis de rescate en el cálculo de la provisión. De ahí que el riesgo masivo de rescate sea considerado en el cálculo de los requerimientos de capital como un escenario más junto con los correspondientes a la desviación de tasas.

La entidad deberá realizar análisis prospectivos, según hipótesis prudentes y adecuadamente justificadas, para controlar el también denominado riesgo de mismatching temporal.

2.5. Gastos de gestión

Los gastos derivados de las prestaciones son realmente un componente más de la siniestralidad por lo que deben ser incluidos en las prestaciones.

Los gastos de gestión pueden clasificarse en gastos de administración y gastos de adquisición. La cuestión que procede ahora analizar es en qué medida deben ser computados en los flujos futuros de pago.

Carecería de sentido confrontar la corriente de flujos de cobro derivados de las inversiones asignadas con los flujos de pago omitiendo tales gastos. El proceso de inmunización sería incompleto, pues existirían obligaciones futuras de la entidad no cubiertas. Aunque realmente no se trata de obligaciones de pago surgidas del contrato de seguro sino de otras fuentes (contratos laborales o de mediación, entre otros), no por ello pierden la naturaleza de obligaciones vinculadas a la póliza de seguro.

Es habitual realizar el pago de las comisiones en el momento inicial de emisión de la póliza. En tal caso no existen obligaciones futuras por pago de gastos de adquisición²⁸.

Por su parte, deberán computarse flujos de pago por gastos de administración por un importe igual al recargo teórico incluido en la prima. Si se observa que el recargo es insuficiente para cubrir los gastos reales, deberá incrementarse en el volumen necesario.

Surge en este punto la problemática de los **recargos implícitos** de gastos. Un sencillo ejemplo puede ser clarificador.

Supongamos una póliza con vencimiento a 3 años que genera los flujos de pago por prestaciones y gastos que se muestran en la Tabla 3.1.

Año	Prestaciones	Gastos	Total
1	5	1	6
2	5	1	6
3	105	1	106

Tabla 3.1- Ejemplo de recargos implícitos

²⁸ Solo afecta directamente al cálculo de la provisión cuando se utiliza como base de cálculo la prima comercial. En España se utiliza como base de cálculo la prima de inventario, permitiéndose activar las comisiones descontadas en seguros a prima periódica con el límite del recargo previsto en la base técnica y amortizándose durante el período de cobro de las primas según un criterio financiero actuarial.

Se estipula un interés del 6%. El valor actual actuarial²⁹ de los flujos de pago totales al 6% proporciona la prima, 100. También se puede calcular separadamente la prima pura y el recargo para gastos, sin más que actualizar los respectivos flujos de pago por prestaciones o gastos al 6%. La prima pura es 97,33 y el recargo explícito para gastos 2,67.

Otro proceso diferente de tarificación consistiría en ofrecer únicamente un 5% al asegurado, reservando el diferencial del 1% para la cobertura de los gastos. De esta forma, la prima se obtendría descontando al 5% los flujos futuros de pago por prestaciones, obteniendo nuevamente una prima de 100. En este caso el recargo para gastos está implícito en el tipo de interés garantizado y la prima pura coincide con la prima comercial.

Se observa que en ambos casos la prima satisfecha por el tomador es idéntica. Son sencillamente dos formas diferentes de tarificar.

Suele ser habitual la utilización de la segunda sistemática para evitar perjuicios comerciales. Si el tomador satisface una prima de 100 y obtiene únicamente las prestaciones reflejadas en el cuadro, podría sentirse agraviado al considerar que el tipo efectivamente garantizado no es el 6%, tal y como se le ha indicado en la póliza, sino el 5%.

También pueden interpretarse ambos sistemas de tarificación desde el punto de vista de las inversiones asignadas adquiridas con la prima. Suponiendo que no existen desviaciones en otras hipótesis, la entidad debe obtener al menos una rentabilidad del 6% para no incurrir en pérdidas. El primer sistema entiende que la entidad efectúa dos inversiones, por importes de 97,33 y 2,67. Con la rentabilidad total (6%) de la primera inversión se cubre el pago de prestaciones y con la rentabilidad total de la segunda inversión se cubren los gastos. El segundo sistema entiende que la entidad efectúa una única inversión, por importe de 100. Con la rentabilidad del 5% del total invertido se cubre el pago de las prestaciones y con el 1% restante se cubren los gastos.

Cabe cuestionarse cuál es el tipo de interés de cálculo de la provisión³⁰. No se trata de una cuestión baladí pues, tal y como se expuso en la introducción del presente capítulo, una entidad aseguradora deberá inmunizar en el caso de que pretenda calcular la provisión matemática a un tipo de interés superior al máximo legal. Continuando con el ejemplo se plantea la duda de cuál es el tipo de interés, el 5% ó el 6%. Nótese que si el interés máximo legal se ubicara en el 5,5% sólo en el segundo caso debería procederse a inmunizar la cartera. Si se considerara como interés el 5% únicamente estaría inmunizado el componente de pago por prestaciones. Es decir, la entidad debería obtener una rentabilidad complementaria del 1% para alcanzar una efectiva inmunización del riesgo de tipo de interés. Debe concluirse que el tipo de interés de cálculo

²⁹ Son flujos actuariales pues suponemos que se trata de flujos probabilizados.

³⁰ No debe confundirse el interés de cálculo de la provisión con el interés efectivamente garantizado.

de la provisión es el 6%, que en caso de superar al interés legal máximo (5,5%) obliga a la entidad a acogerse a los sistemas de inmunización financiera.

También será necesaria una explicitación y cuantificación del recargo implícito. Así se facilita una gestión adecuada del casamiento de flujos al permitir su cómputo en los flujos de pago, se evita la inexacta idea³¹ de entender inmunizado el componente de gastos por entender que se hallan directamente cubiertos con la rentabilidad de las inversiones, y se permite el control de la suficiencia del recargo de forma independiente a la prima pura.

2.6. Beneficio

Aunque no es una práctica muy habitual, en ocasiones se establece un recargo explícito para beneficios³². Tal componente no representa un compromiso u obligación futura de la entidad aseguradora, por lo que en ausencia de criterios de prudencia puede ser liberado³³.

2.7. Participación en beneficios

En principio, no es habitual inmunizar pólizas que contengan participación en beneficios. Un producto que garantiza un tipo de interés reducido necesita ser complementado con participación en beneficios para resultar comercialmente atractivo. Si la garantía no supera el tipo de interés legal máximo, no es preciso acogerse a los sistemas de inmunización financiera. Si un producto garantiza un elevado tipo de interés resulta menos necesario, por motivos comerciales, incluir participación en beneficios.

Es necesario inmunizar un producto con participación en beneficios cuando inicialmente se estipula un tipo de interés garantizado superior al máximo legal o cuando dicha situación sobreviene con posterioridad. Este segundo caso es especialmente relevante en un escenario de bajada de tipos de interés. Así, si inicialmente un producto con participación en beneficios garantiza un tipo de interés inferior al máximo legal no tiene que acogerse a los sistemas de inmunización financiera. Sin embargo, si con posterioridad descienden los tipos de interés de mercado, el tipo de interés garantizado (no varía) podría exceder al interés máximo legal (se reduce) lo que exigiría inmunizar³⁴.

³¹ Bastante común por otra parte.

³² En otro caso el beneficio de la entidad se obtiene por la desviación favorable, en el caso de que exista, de las hipótesis técnicas o financieras.

³³ Solvencia II establece expresamente dicha conclusión.

³⁴ En España se ha introducido una vía para no requerir la aplicación de los sistemas de inmunización al supuesto sobrevenido expuesto. Se establece la posibilidad de calcular la provisión matemática al interés máximo legal del año en que se emitió la póliza (no del año en que se está calculando la provisión matemática) cuando el interés garantizado es inferior al

En el hipotético caso de que exista participación en beneficios en una póliza inmunizada deberán proyectarse flujos de pago por tal concepto. La dificultad estriba en su cuantificación, habida cuenta de la heterogeneidad que existe en las fórmulas definidoras de la cláusula de participación en beneficios así como la necesaria estimación de magnitudes futuras de mercado.

Por último, por motivos de protección del asegurado, debe aludirse a la necesidad de que exista una cartera de inversiones asignadas así como información suficiente a los asegurados. Suele además establecerse como limitación la imposibilidad de calcular la provisión matemática a un tipo de interés superior al garantizado en la póliza. Dicha medida pretende evitar una hipotética reducción de la provisión, de los activos asignados, y de la propia participación en beneficios.

2.8. Horizonte temporal

El horizonte temporal será el período al que se extiende la garantía del seguro. Los flujos de pago deberán proyectarse durante dicho período.

Recientemente están apareciendo modalidades de seguro que garantizan un atractivo tipo de interés durante un período reducido (por ejemplo seis meses), no existiendo garantía alguna por parte de la entidad aseguradora para los períodos siguientes hasta el vencimiento de la póliza. Al inicio de cada uno de los períodos siguientes la entidad comunicará al tomador la nueva garantía de tipo de interés. Se trata de seguros con reducido riesgo de tipo de interés, no tanto por el diferencial existente entre el tipo de interés garantizado y el límite legal máximo como por el período al que afecta la garantía. En tal caso estaría justificado arbitrar una excepción a la obligatoriedad de inmunizar³⁵.

Puede ocurrir que la garantía se extienda hasta un período muy amplio (por ejemplo ochenta años). Es el caso, entre otros, de aquellos seguros cuyo vencimiento se determina por el fallecimiento del asegurado (por ejemplo, seguro vida entera o seguro de rentas vitalicias).

Aunque sería perfectamente posible adquirir activos que generen flujos de cobro a esos plazos o superiores (deuda perpetua, contratos de permuta financiera), no parece razonable inmunizar a un plazo tan amplio.

En la práctica suele agruparse en un último flujo de pago la cola subsiguiente. En el proceso de agrupación deben seguirse criterios razonables. Así, la fecha de agrupación no parece que debiera ser posterior al último flujo de cobro. En

citado límite legal. Se exigen requisitos menos estrictos a los aplicables en los sistemas de inmunización financiera (suficiencia de rentabilidad y suficiencia de duraciones financieras).

³⁵ Así ha ocurrido en España para las modalidades de seguro que garanticen un tipo de interés superior al máximo legal durante un período no superior a un año.

cuanto a su cuantificación debería obtenerse por la suma simple de la cola de pagos o como el valor actual a un tipo de interés prudente³⁶.

Una vez sustituida la cola de pagos por el flujo agrupado se procederá a verificar los requisitos aplicables al casamiento de flujos y deducir el interés de cálculo de la provisión. Conviene aclarar que la provisión matemática será el resultado de descontar, al anterior tipo de interés³⁷, los flujos de pago una vez realizado el proceso de agrupación descrito³⁸.

2.9. Ejemplo

En el Anexo 3.1 se muestran los flujos futuros mensuales de pago derivados de una determinada póliza de seguro.

La inmunización se realiza a 31-12-2002.

El flujo considerado a 31-12-2005, significativamente superior a los anteriores, agrupa la cola de pagos.

3. FLUJOS DE COBRO

3.1. Naturaleza de los activos admisibles

Puede establecerse como principio general que se trate de activos que generen flujos ciertos, determinados o determinables, al margen del riesgo de crédito³⁹.

³⁶ Es habitual utilizar como tipo de interés para la agrupación de la cola de pagos el interés legal máximo. Esta opción supone calcular la provisión matemática utilizando un doble tipo de interés por tramos: el interés legal máximo para la cola de pagos y el interés calculado a partir de la rentabilidad de las inversiones asignadas desde dicha fecha hasta el momento inicial.

³⁷ Salvo que resulte aplicable otro tipo de interés de cálculo de la provisión. Así ocurre por ejemplo en los seguros con participación en beneficios, donde el tipo de interés de cálculo de la provisión no puede ser superior al tipo de interés garantizado.

³⁸ No se deben utilizar, por tanto, los flujos de pago originales.

³⁹ Por definición una inversión con riesgo de crédito genera un flujo de cobro superior al que se obtendría de otra inversión libre de riesgo. De esta forma, para lograr una inmunización adecuada del tipo de interés deberían limpiarse los flujos de cobro excluyendo el componente correspondiente al riesgo de crédito. No obstante, la normativa española establece, en este sentido, un régimen singular: (i) por un lado prevé el cómputo de la totalidad de los flujos de cobro en el proceso de verificación de los requisitos de la inmunización financiera, con lo que no se está omitiendo el riesgo de crédito; y (ii) por otro lado, se obliga a dotar una provisión matemática superior al valor de la cartera de inversiones asignada (cartera con riesgo de crédito), equivalente al valor de una cartera que genera unos flujos de cobro similares pero sin riesgo de crédito.

Las acciones ordinarias son un claro ejemplo de activos no admisibles al no reunir el requisito expuesto. Igual ocurre con los bonos con cupón variable referenciado⁴⁰, salvo que los flujos de pago estén referenciados al mismo tipo de interés. Un tercer ejemplo lo hallamos en las acciones preferentes, donde los flujos de cobro están supeditados a la existencia de beneficios distribuibles en el emisor⁴¹.

Activos sobre los que parece evidente su admisibilidad para ser utilizados en el casamiento de flujos son:

- Valores negociables de renta fija.
- Depósitos en entidades de crédito.
- Contratos de permuta financiera de flujos predeterminados.
- Activos financieros estructurados.
- Instrumentos financieros derivados de cobertura.
- Participaciones en fondos de inversión garantizados.
- Tesorería.
- Participaciones en FIAMM⁴².

No parece oportuna la utilización de inmuebles en procesos de inmunización financiera, salvo que exista un nivel de certeza razonable respecto al devengo de sus flujos de cobro⁴³. Tal sería el caso si existiera un contrato de alquiler o una operación de lease-back con un arrendatario solvente.

Bajo el principio general se admite la existencia de riesgo de crédito en los activos admisibles. No obstante, es aconsejable controlar el apalancamiento excesivo en los activos financieros estructurados de crédito⁴⁴.

3.2. Activos con opción de compra a favor del emisor

La emisión de activos con cupón fijo a muy largo plazo conlleva un riesgo de interés importante para el emisor. Una forma de evitarlo es establecer opciones de recompra a su favor. La tipología es amplia. Así, el valor de ejercicio puede ser igual al valor nominal o al valor de mercado; en caso de no ejercicio el

⁴⁰ Bonos FRN.

⁴¹ Nótese que en el hipotético caso de inexistencia de beneficios en el emisor de las acciones preferentes no se produce incumplimiento alguno de las obligaciones de pago previstas en sus condiciones de emisión. Dicho de otra forma, la falta de pago de los cupones no se justifica por el riesgo de crédito del emisor.

⁴² Fondos de Inversión en Activos del Mercado Monetario.

⁴³ La normativa española no permite su utilización.

⁴⁴ La normativa española prohíbe expresamente la utilización de activos estructurados que contengan colaterales que expongan a la entidad a un nivel de endeudamiento o pérdidas superior al valor del activo.

cupón puede mantenerse, o ajustarse según un diferencial, o convertirse en variable; también pueden preverse sucesivas fechas de ejercicio.

Puesto que la obtención del flujo de cobro correspondiente al ejercicio de la opción es ajeno a la voluntad de la entidad aseguradora, no cumple el requisito de ser un flujo cierto al margen del riesgo de crédito. De ahí que únicamente puedan computarse los flujos anteriores a la fecha del vencimiento de la primera opción. No podrán computarse ni los flujos siguientes ni el propio flujo del ejercicio de la opción⁴⁵.

A continuación se desarrollan las dos situaciones de riesgo que se pretenden evitar con el criterio expuesto:

- Si se supone que no se va a ejercer la opción de compra considerándose los flujos de cobro siguientes⁴⁶, y se concluye que la operación está adecuadamente inmunizada, existe el riesgo de que posteriormente sea ejercida la opción de compra. En tal caso, aparecería en dicha fecha un elevado flujo de cobro por el ejercicio de la opción, mientras que los flujos de pago se irían devengando de forma diferida en el tiempo. Quedaría resuelto el problema si el ejercicio de la opción se realiza a precio de mercado sin ningún tipo de penalización pues en tal caso la entidad aseguradora podría reinvertir el importe recibido en la adquisición de un nuevo activo de características similares al sustituido^{47/48}. En otro caso se hace patente un importante riesgo de reinversión.
- Si se supone que se va a ejercer la opción de compra considerándose el flujo que genera dicho ejercicio⁴⁹ y omitiendo los flujos siguientes⁵⁰, y se concluye que la operación está adecuadamente inmunizada, existe el riesgo de que posteriormente no sea ejercida la opción de compra. En tal caso aparecería un déficit de caja por el saldo correspondiente a dicha fecha. Podría plantearse como vía de solución al problema su venta inmediata

⁴⁵ Sí podría computarse en el momento de ejercicio de la opción el menor entre los flujos que se obtendrían en ambos escenarios (es decir, el correspondiente al ejercicio de la opción y el que se obtendría en caso de no ejercicio de la opción).

⁴⁶ En el caso de que los flujos siguientes fueran ciertos al margen del riesgo de crédito.

⁴⁷ Es un supuesto poco habitual, pues cuando el emisor prevé una opción de compra a su favor lo hace para cubrirse del riesgo de reinversión en activos a muy largo plazo.

⁴⁸ La normativa española establece un régimen similar para la cláusula de vencimiento anticipado en instrumentos derivados no negociados. Si la liquidación se realiza a valor de mercado, sin ningún tipo de penalización, descuento o comisión para la entidad aseguradora, ésta podrá reinvertir el importe obtenido en un instrumento similar que le permita continuar con la cobertura adecuada de los compromisos asumidos.

⁴⁹ En el caso de que el flujo de cobro correspondiente al ejercicio de la opción sea cierto al margen del riesgo de crédito.

⁵⁰ En otro caso se estaría incurriendo en una duplicidad en el cómputo de los flujos.

para afrontar el pago comprometido. No obstante, se exigiría una liquidez a precio de mercado y aparecería en todo caso una pérdida parcial por la diferencia entre el valor de ejercicio y el precio de venta, que siempre será positiva.

Una vez que transcurre la fecha prevista sin que se proceda al ejercicio de la opción, es decir, una vez que desaparezca la contingencia, podrán computarse los flujos de cobro hasta la fecha prevista para la siguiente opción.

Un criterio menos restrictivo al expuesto consistiría en validar la inmunización simultáneamente en las dos situaciones descritas, es decir, computando el flujo de ejercicio de la opción pero no los flujos siguientes, y computando los flujos siguientes pero no el del ejercicio de la opción⁵¹.

Otra fórmula que podría arbitrar la entidad aseguradora para posibilitar el cómputo de los flujos de cobro es la firma de un contrato de permuta financiera que intercambiase el flujo del ejercicio de la opción o los flujos siguientes (si no se ejerce la misma) por otros flujos no condicionados a contingencia alguna.

3.3. Aptitud para cobertura de provisiones técnicas

El estado de cobertura de provisiones técnicas es un estado extracontable que pretende garantizar los compromisos asumidos bajo principios de rentabilidad, seguridad, liquidez, dispersión, diversificación y congruencia.

Aunque excede del propósito de este trabajo el análisis del estado de cobertura de provisiones técnicas así como de los requisitos que le resultan aplicables, parece oportuno conferir tales exigencias a los activos asignados a procesos de inmunización financiera.

3.4. Liquidez

La liquidez anticipada de los activos a precio de mercado es un requisito de especial relevancia para garantizar la cobertura de los compromisos, en particular del derecho de rescate.

Se pueden indicar algunas pautas al respecto:

- Cuando existe negociación activa en un mercado regulado la liquidez está garantizada.
- La tesorería, por su propia naturaleza, muestra un grado de liquidez total.

⁵¹ Lo que podría suponer asignar nuevos activos para lograr el cumplimiento en todo caso.

- Debe existir una garantía de cálculo del valor liquidativo y reembolso de las participaciones en fondos de inversión inmediata⁵².
- Para instrumentos derivados o estructurados no negociados en mercados regulados⁵³ las cláusulas contractuales deben permitir en todo momento su liquidación o cesión a un tercero⁵⁴ a precio de mercado.

3.5. Rating

Al margen de los requisitos aplicables para la aptitud del activo a efectos de cobertura de las provisiones técnicas es importante establecer una calificación crediticia mínima. Las recomendaciones internacionales entienden como nivel de solvencia “suficiente” un rating BBB.

El rating debe entenderse aplicable a la emisión. No obstante, en activos como los depósitos bancarios debería recurrirse al rating del emisor.

El principal inconveniente del rating es su carácter excesivamente estático. Así, aunque se produzca un incremento significativo del riesgo de crédito del activo el rating no sufre una actualización automática debiendo esperar a su revisión por parte de la respectiva agencia de calificación. Una forma de corregir este inconveniente es complementar la exigencia de un rating mínimo con un diferencial máximo del interés de mercado del activo respecto al interés libre de riesgo. Dicho diferencial se actualiza permanentemente por el mercado y muestra en todo momento el verdadero riesgo de crédito⁵⁵ del activo.

Por otra parte, no parece oportuno ofrecer el mismo régimen a dos activos con diferente rating, aunque ambos cumplan con el umbral mínimo⁵⁶. En el mismo sentido, si un activo es calificado por varias agencias reconocidas con diferente rating se le debería aplicar un régimen intermedio. El problema surgiría cuando una de las calificaciones es inferior al mínimo legal. En tal caso debería

⁵² Los plazos de liquidez previstos en la normativa española son tres días para las participaciones en fondos de inversión garantizados, y un día para participaciones en FIAMM.

⁵³ Over The Counter (OTC).

⁵⁴ La normativa española asegura la liquidez del activo exigiendo que la contraparte o el intermediario financiero ofrezca cotizaciones diarias de compra y venta con fines de negociación y cierre de operaciones ajustadas a las condiciones de mercado y con un diferencial máximo. El método de valoración deberá estar igualmente previsto en las condiciones contractuales. Se completa el régimen anterior exigiéndose un nivel mínimo de solvencia a la contraparte.

⁵⁵ Así como otros riesgos como el de liquidez.

⁵⁶ Los sistemas de inmunización aplicables en España establecen tres grupos de rating admisibles: grupo 1 (AAA y AA), grupo 2 (A) y grupo 3 (BBB). Se prevé un coeficiente que genera un ajuste en la provisión matemática y que depende del grupo de rating del activo.

prevalecer la calificación más reciente o requerirse confirmación a las agencias que ofrecen las calificaciones más antiguas.

Tratándose de activos estructurados no negociables carentes de rating deberá calcularse la media de sus colaterales⁵⁷.

3.6. Exteriorización

Los compromisos asumidos por las empresas con sus empleados deben ser objeto de exteriorización a través de instrumentos gestionados por entidades que dispongan de las garantías apropiadas para su cobertura⁵⁸.

Si una empresa exterioriza los compromisos por pensiones con sus empleados mediante una póliza colectiva abonando una prima única, y posteriormente la entidad aseguradora invierte la prima en la adquisición de activos emitidos por la misma empresa, económicamente no existe un proceso real de exteriorización. Así, en una hipotética situación de insolvencia de la empresa los compromisos asumidos con los empleados resultarán impagados, se haya procedido o no a su exteriorización. Si la exteriorización no se llevó a cabo la conclusión es inmediata. Si se acometió el proceso de exteriorización los activos asignados a la póliza inmunizada serán insuficientes para respaldar los compromisos asumidos⁵⁹.

Para evitar la situación de riesgo anterior los activos asignados a operaciones de inmunización no deberán estar emitidos por la entidad tomadora de la póliza de seguro o entidades vinculadas a ella.

3.7. Asignación de inversiones

Debe existir constancia de las inversiones asignadas a cada inmunización que permita un adecuado seguimiento de los requisitos aplicables. Igualmente deberá detallarse cualquier modificación en la composición de la cartera.

La NIIF⁶⁰ 39 establece una clasificación contable de las carteras de inversiones financieras. Las inversiones asignadas a operaciones de inmunización podrán clasificarse indistintamente en cualquiera de las citadas carteras sin más

⁵⁷ Obviamente no se trata de la media del rating sino de los coeficientes asignados a las diferentes calificaciones crediticias.

⁵⁸ Con las excepciones y a través de los instrumentos que la norma decida. El proceso de exteriorización aprobado en España permite la utilización de contratos de seguro o planes de pensiones, y exceptúa de la obligación a las empresas financieras (seguro, crédito y valores).

⁵⁹ Omitiendo, en este razonamiento, el resto de garantías de una entidad aseguradora.

⁶⁰ Norma Internacional de Información Financiera.

limitación que los requisitos concretos previstos en las mismas. Por tanto, el tratamiento contable no condiciona el régimen de inmunización financiera.

3.8. Cuantificación de los flujos

Los flujos derivados de los activos tienen vencimiento cierto. Su importe será determinado, o determinable en función de índices o activos que sirvan como referencia para la determinación de los compromisos asumidos.

El régimen aplicable a los flujos derivados de activos que incluyan opciones de compra a favor del emisor es el descrito en el apartado 3.2.

Si el activo está sujeto a retención fiscal deberá considerarse el flujo neto que será el importe realmente cobrado por la entidad aseguradora. No obstante, podrá practicarse un flujo de cobro complementario en el momento en que se autoliquide el impuesto de sociedades por las retenciones practicadas en el ejercicio anterior⁶¹.

Cuando, como es habitual, se asigna tesorería para cubrir los déficits de la operación, surge la duda del momento en que ésta ha de ser considerada. Si se computa en el momento inicial se estaría implícitamente considerando un nivel de rentabilidad por su reinversión igual al interés legal máximo. Si los saldos de tesorería no generan rentabilidad alguna su proceso de asignación requiere identificar las fechas estrictamente necesarias para cubrir los flujos de pago.

3.9. Ejemplo

Las inversiones inicialmente asignadas son:

Activo 1:

- Cupón periódico
- Fecha de adquisición: 30-4-2000
- Valor de compra: nominal: 600.000.000 u.m.
- Valor de reembolso: a la par
- Vencimiento: 30-4-2005
- Cupón: 6% anual pagadero mensualmente (0,5%)
- Rating: AA

Activo 2:

- Cupón cero
- Fecha de adquisición: 28-2-1999
- Valor de compra: 590.000.000 u.m.
- Valor de reembolso: 900.000.000 u.m.

⁶¹ En la práctica este tratamiento supone un diferimiento temporal de aproximadamente un año de las retenciones practicadas a los flujos de cobro.

- Vencimiento: 28-2-2005
- Rating: A

Suponemos que se trata de activos aptos para la cobertura de las provisiones técnicas y cumplen los requisitos complementarios exigibles para el casamiento de flujos.

El Anexo 3.2 muestra los flujos futuros de cobro de las inversiones asignadas.

En el Gráfico 3.1 se evidencia una falta de coincidencia suficiente de flujos de cobro y pago.

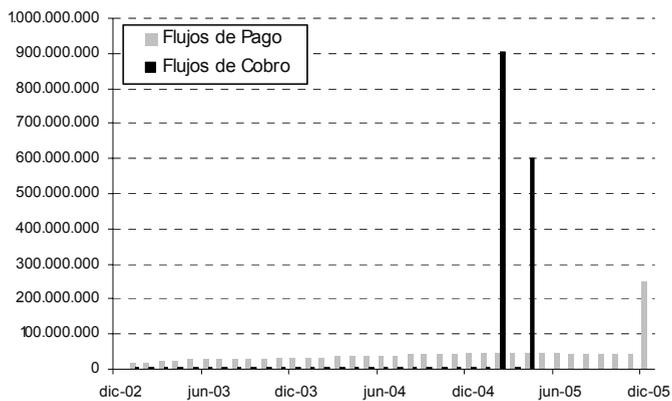


Gráfico 3.1 - Flujos de cobro y pago

Para lograr el casamiento de flujos la entidad firmó un contrato de permuta financiera el 31-12-2001. Se estipularon como flujos de pago unos importes coincidentes en tiempo y cuantía con los flujos de cobro derivados de la cartera de inversiones. La elección de los flujos de cobro se ha realizado con la finalidad de lograr un casamiento adecuado de la operación. La contraparte del swap tiene rating AA.

La valoración del contrato de permuta de flujos predeterminados se efectúa como diferencia de los valores actuales de cobros y pagos, utilizando la curva euroswap. Se muestra en el Anexo 3.3.

La diferencia entre los valores actuales de los flujos de cobro y pago es -5.505.293 u.m., lo que representa un 0,3492%. La valoración es prácticamente nula y no aparece desembolso alguno entre las partes en el momento de su contratación.

4. REQUISITOS DEL CASAMIENTO

4.1. Fecha de flujos

Los flujos deberán computarse en las fechas efectivas previstas para su cobro y pago. Si la norma prevé algún régimen simplificador deberá igualmente arbitrar medidas de prudencia complementarias⁶².

4.2. Requisitos

Deberán cumplirse simultáneamente dos requisitos.

a) Requisito 1. Viabilidad global de la operación

La viabilidad global requiere que los flujos de cobro sean superiores a los flujos de pago. Una forma de garantizarlo es exigiendo que el saldo financiero final de la operación sea positivo o nulo⁶³.

La normativa deberá definir el tipo de interés a utilizar para la capitalización de los flujos y saldos⁶⁴.

b) Requisito 2. Coincidencia suficiente en tiempo y cuantía de los flujos

Aunque la operación sea globalmente viable, deberá existir un casamiento temporal de los flujos para inmunizar el riesgo de interés.

Habitualmente se establece una frecuencia mensual para la comprobación del requisito.

Existe casamiento temporal cuando los flujos de cobro y pago coinciden perfectamente en tiempo y cuantía, o bien aquéllos son anteriores en tiempo e iguales o superiores a éstos en cuantía. En tales casos el saldo acumulado, sin considerar el factor financiero, es siempre nulo o positivo.

También debería entenderse cumplido el requisito de casamiento temporal cuando el saldo acumulado, considerando ahora el factor financiero, es siempre positivo o nulo. De esta forma se incorpora la rentabilidad de la reinversión de los flujos de cobro o los saldos positivos, así como el coste de la

⁶² La normativa española permite concentrar todos los pagos del mes en el día 15 y todos los cobros el último día del mes, lo que implícitamente conlleva la necesidad de incrementar los pagos en el interés correspondiente a quince días.

⁶³ También podría haberse optado por su medición en otro momento temporal, por ejemplo al inicio de la operación.

⁶⁴ La normativa española establece que se deberá utilizar el tipo de interés legal máximo vigente en el ejercicio en el que se comprueban los requisitos de la inmunización.

financiación de los flujos de pago o los saldos negativos. Parece razonable la utilización del mismo tipo de interés descrito en el requisito anterior.

Finalmente, en aras a aportar una mayor flexibilidad, también podría aceptarse la existencia de saldos financieros negativos siempre que su importe no supere determinados límites razonables. Además, si el comportamiento de los pagos no sigue una tendencia muy uniforme es recomendable complementar límites sobre referencias móviles a diferentes plazos⁶⁵.

4.3. Ejemplo

El Anexo 3.4 refleja los resultados obtenidos en la verificación de los requisitos del casamiento de flujos.

El tipo de interés legal máximo publicado en el ejercicio 2002 fue el 2,89%.

El saldo financiero final de la operación asciende a 20.773.366 u.m.⁶⁶, por lo que se cumple el requisito 1 y la operación es globalmente viable.

En el Gráfico 3.2 se muestra la evolución del saldo financiero acumulado junto con los límites de los saldos negativos. Aunque aparecen saldos negativos, no superan ninguno de los límites establecidos. Puede, por tanto, concluirse que existe un casamiento temporal adecuado, en tiempo y cuantía.

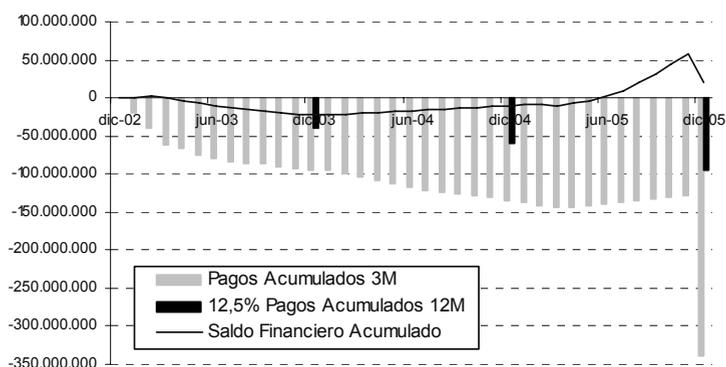


Gráfico 3.2 - Requisito 2 del casamiento temporal

⁶⁵ Así se prevé por la normativa española que regula dos medidas prudenciales:

- En primer lugar, se establece que los saldos financieros negativos se penalizarán siendo capitalizados al interés legal incrementado en un 50%.
- En segundo lugar, fijando dos límites: (i) que el saldo financiero negativo acumulado no supere los pagos correspondientes al mes en cuestión y los dos meses anteriores; (ii) que el saldo financiero negativo acumulado en cualquier 31 de diciembre de la operación no supere el 12,5% de los pagos totales del año. Este límite es más restrictivo que el anterior (el 12,5% de doce meses equivale a un mes y medio).

⁶⁶ Los saldos financieros finales obtenidos en los requisitos 1 y 2 son diferentes debido a la primera medida prudencial citada en la nota anterior.

5. TIPO DE INTERÉS Y PROVISIÓN MATEMÁTICA

5.1. Criterios de valoración

Una entidad que cumple con los requisitos del casamiento de flujos debería poder afrontar los compromisos asumidos mediante la cartera de inversiones asignadas. Para evitar un problema de asimetría contable en el balance los activos y pasivos deben valorarse siguiendo los mismos criterios. Así, dependiendo de la cartera contable en la que se hayan clasificado los activos la provisión se valorará a coste amortizado⁶⁷ o a valor razonable⁶⁸.

Dos características deben resaltarse en este punto en relación a los riesgos inmunizados y su tratamiento en la valoración de la provisión matemática:

- El casamiento de flujos sólo inmuniza el riesgo de tipo de interés. Por tanto, la valoración de la provisión matemática a coste se realizará utilizando un interés de cálculo obtenido a partir del valor de compra de los activos asignados, y la provisión matemática a valor razonable se obtendrá utilizando un interés de mercado obtenido a partir del valor razonable de los activos asignados⁶⁹.
- Aunque no existe una inmunización del riesgo de crédito de los activos dicha circunstancia deberá ser considerada en la valoración de la provisión matemática⁷⁰.

⁶⁷ Carteras de Inversiones mantenidas hasta el vencimiento y Préstamos y partidas a cobrar.

⁶⁸ Carteras de Activos financieros mantenidos para negociar, Otros activos financieros a valor razonable con cambios en la cuenta de pérdidas y ganancias, y Activos financieros disponibles para la venta.

⁶⁹ IASB y Solvencia II comparten la idea de valorar los pasivos como el valor de mercado de una cartera de activos capaz de replicar los flujos de pago derivados de aquéllos. No existe, sin embargo, consenso en lo que ha de interpretarse como riesgos efectivamente cubiertos como presupuesto previo para establecer una vinculación entre ambas valoraciones. El planteamiento actualmente vigente en España calcula en todo caso la provisión a partir del valor de compra de las inversiones asignadas, efectuando posteriormente ajustes para evitar asimetrías contables cuando las inversiones están valoradas a valor razonable.

⁷⁰ También IASB y Solvencia II coinciden en la necesidad de excluir el riesgo de crédito de la entidad aseguradora en la valoración de la provisión. Salvo en un seguro tipo unit-linked la entidad aseguradora no puede trasladar el riesgo de default de las inversiones asignadas a los asegurados, de ahí que una valoración adecuada del pasivo de seguro requiera omitir dicho riesgo. El planteamiento actualmente vigente en España (i) no omite el riesgo de crédito en el proceso de verificación de los requisitos de la inmunización ya que se computan los flujos de cobro totales (no se limpian los flujos) pero (ii) incrementa la provisión respecto al valor de las inversiones asignadas en atención al riesgo de crédito derivado de las mismas (se identifica con el valor estimado de una cartera de inversiones que genera unos flujos de cobro similares pero que no tiene riesgo de crédito).

5.2. Tipo de interés y provisión matemática

Si se considera inmunizado el riesgo de tipo de interés, la provisión matemática se podrá calcular utilizando un tipo de interés superior al máximo legal y derivado de la rentabilidad de las inversiones asignadas.

A continuación se va a describir una metodología para obtener el tipo de interés de cálculo de la provisión teniendo en cuenta los dos criterios de valoración descritos en el apartado anterior.

No es un interés fijo pudiendo cambiar cada año, según las modificaciones que se produzcan en las variables que intervienen en su procedimiento de cálculo. Podemos diferenciar las siguientes fases:

- FASE 1: TIR de cada activo asignado.
- FASE 2: TIR reducida de cada activo asignado.
- FASE 3: Valor actual de cada activo asignado a la TIR reducida.
- FASE 4: Tipo implícito de cálculo de la provisión.
- FASE 5: Provisión matemática.

a) FASE 1: TIR de cada activo asignado

Se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$VA_j = \frac{FC_{j1}}{(1+TIR_j)} + \frac{FC_{j2}}{(1+TIR_j)^2} + \frac{FC_{j3}}{(1+TIR_j)^3} + \dots + \frac{FC_{jn}}{(1+TIR_j)^n}$$

$$VA_j = \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1+TIR_j)^i}$$

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i

VA_j : Valor contable del activo j

n : Vencimiento del activo

TIR_j : Tasa interna de rentabilidad del activo j (incógnita)

Si el activo se valora siguiendo el **criterio del coste histórico** la TIR resultante en cada una de las fechas futuras no varía y coincide con la TIR de compra inicial. Un sencillo ejemplo puede ser clarificador al respecto⁷¹.

⁷¹ Así, si las inversiones se valoran siguiendo un criterio de coste y la imputación de los intereses implícitos se realiza utilizando el criterio financiero de la TIR (otros métodos como el cupón cero no son admisibles en el nuevo marco de las NIIF), puede sustituirse el valor contable por el valor de adquisición y la TIR por la TIR de compra.

Supongamos un activo con las siguientes características:

- Valor nominal: 100
- Valor de compra: 95%
- Vencimiento: 4 años
- Valor de reembolso: a la par
- Cupón anual: 4%

En la Tabla 3.2 se reflejan los flujos del activo, sus rentabilidades explícita e implícita, y los valores contables en cada uno de los años.

Año	Flujos año 0	Valor Inicial	Rentabilidad	Cupón	Implícitos	Valor Final
0	-95,00					
1	4,00	95,00	5,15	4,00	1,15	96,15
2	4,00	96,15	5,22	4,00	1,22	97,37
3	4,00	97,37	5,28	4,00	1,28	98,65
4	104,00	98,65	5,35	4,00	1,35	100,00

Tabla 3.2 - Ejemplo de TIR de compra

La TIR de compra es el 5,42%. El valor contable final coincide con el valor de reembolso.

Si comparamos los sucesivos valores contables con los flujos futuros de cobro se obtiene exactamente la misma TIR del 5,42%. Se muestra en la Tabla 3.3.

Año	Flujos año 1	Flujos año 2	Flujos año 3
0			
1	-96,15		
2	4,00	-97,37	
3	4,00	4,00	-98,65
4	104,00	104,00	104,00

Tabla 3.3 - Ejemplo de TIR de compra (continuación)

Si el activo se valora siguiendo el **criterio del valor razonable** la TIR de mercado deberá calcularse en cada momento⁷².

b) FASE 2: TIR reducida de cada activo asignado

A la TIR del activo se aplicará un coeficiente reductor tanto menor cuanto peor

⁷² En España se aplica un criterio simplificador consistente en efectuar ajustes contables a la provisión matemática, calculada a partir de criterios de coste histórico, para evitar asimetrías según las variaciones de valor experimentadas por los activos.

sea la calificación crediticia del activo⁷³.

$$TIR_j^* = TIR_j \cdot coef_j$$

Siendo:

TIR_j : Tasa interna de rentabilidad del activo j

$coef_j$: coeficiente reductor del activo j

TIR_j^* : Tasa interna de rentabilidad reducida del activo j (incógnita)

Mediante este proceso se pretende extraer, bajo criterios de coste histórico o de mercado, la TIR sin riesgo de crédito a partir de la TIR con riesgo de crédito. En todo caso se considerará el coeficiente reductor correspondiente al rating del activo en el momento de cálculo de la provisión matemática.

Si se trata de un activo estructurado que carece de calificación crediticia deberá considerarse la media de los coeficientes correspondientes a las calificaciones de los colaterales, ponderada por los respectivos valores de mercado.

Si existen varias y diferentes calificaciones de rating debería aplicarse la media de los respectivos coeficientes.

c) FASE 3. Valor actual de cada activo asignado a la TIR reducida

Se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$VA_j^* = \frac{FC_{j1}}{(1 + TIR_j^*)} + \frac{FC_{j2}}{(1 + TIR_j^*)^2} + \frac{FC_{j3}}{(1 + TIR_j^*)^3} + \dots + \frac{FC_{jn}}{(1 + TIR_j^*)^n}$$

$$VA_j^* = \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1 + TIR_j^*)^i}$$

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i

n : Vencimiento del activo

TIR_j^* : Tasa interna de rentabilidad reducida del activo j

VA_j^* : Valor actual del activo j a la TIR reducida (incógnita)

Puesto que se actualizan los mismos flujos de cobro considerados en la FASE 1 a una TIR reducida se obtendrá un valor superior al valor del activo. Refleja el valor estimado de un activo genera unos flujos de caja similares pero que no tiene riesgo de crédito.

⁷³ En España se aplica un 95% para activos del grupo 1 (rating AAA y AA), 92% para activos del grupo 2 (rating A), y 89% para activos del grupo 3 (rating BBB). El proceso de calibración de tales coeficientes se efectuó a finales de los años 90, en un escenario de elevados tipos de interés. Actualmente son coeficientes desactualizados que reflejan un Spreads de crédito inferior al de mercado.

En el caso de que existan varios activos se deberá hallar la suma de los valores actuales de todos ellos:

$$VA^* = \sum_{j=1}^m VA_j^*$$

$$VA^* = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1 + TIR_j^*)^i}$$

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i

n : Vencimiento del activo (de mayor vencimiento)

m : Número de títulos que componen la cartera

TIR_j^* : Tasa interna de rentabilidad reducida del activo j

VA_j^* : Valor actual del activo j a la TIR reducida

VA^* : Valor actual de la cartera (incógnita)

Para un contrato de permuta de flujos predeterminados deberá adaptarse el régimen anterior. La principal cuestión que se plantea es si, una vez calculada la TIR del contrato, debe o no aplicarse separadamente la sistemática descrita a cada una de sus ramas (cobros y pagos). Siguiendo un criterio de prudencia debería realizarse un cálculo separado aplicándose el coeficiente reductor únicamente a los flujos de cobro por considerar que la entidad debe afrontar los pagos a la contraparte en todo caso⁷⁴. Siguiendo una lógica financiera el coeficiente reductor únicamente debería aplicarse cuando el saldo financiero del swap sea negativo.

d) FASE 4. Tipo implícito de cálculo de la provisión

Es el tipo de interés resultante de comparar el valor actual de la cartera de inversiones asignadas (obtenido en la FASE 3) con los flujos de pago.

$$VA^* = \sum_{i=1}^s \frac{FP_i}{(1 + tasa)^i}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1 + TIR_j^*)^i} = \sum_{i=1}^s \frac{FP_i}{(1 + tasa)^i}$$

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i

⁷⁴ Nótese que los flujos de pago a la contraparte son flujos de cobro negativos. Si se actualizan los flujos de cobro a la TIR reducida y los flujos de pago a la TIR (no reducida), el valor actual conjunto se ve incrementado, lo que redundará en una mayor provisión matemática.

n: Vencimiento del activo (de mayor vencimiento)
m: Número de títulos que componen la cartera
TIR_j^{}*: Tasa interna de rentabilidad reducida del activo *j*
VA^{}*: Valor actual de la cartera
s: Vencimiento de la operación de seguro
FP_i: Flujo de pago derivado de la póliza en el instante *i*
tasa: Tasa de cálculo de la provisión matemática (incógnita)

El que se realice una comparación del valor de la cartera con los flujos de pago se justifica por las diferentes duraciones financieras que pueden existir en ambas corrientes de flujos. De otra forma se estaría omitiendo la consideración del riesgo de reinversión⁷⁵. Se muestra con un sencillo ejemplo.

Supongamos una inmunización que tiene asignado un único activo cupón cero. En la Tabla 3.4 se reflejan los flujos de cobro y pago, el saldo financiero, y la comparación a efectos de la determinación del tipo de interés implícito. Suponemos que el interés legal máximo es el 2,89% y la TIR reducida del activo un 6,65%.

Año	Cobros	Pagos	Saldo	Interés
0				-86,73
1	92,50	24,00	68,50	24,00
2		30,75	39,73	30,75
3		40,88	0,00	40,88

Tabla 3.4 - Ejemplo del riesgo de reinversión

El saldo financiero es siempre positivo o nulo por lo que cumple los requisitos del casamiento de flujos. El valor actual del activo a la TIR reducida es 86,73. Comparando dicho importe con los flujos de pago deducimos el interés implícito de cálculo de la provisión, que asciende al 4,62%, significativamente inferior a la TIR reducida del activo por el riesgo de reinversión de la operación.

Por tanto, es también conveniente calcular la TIR media reducida de la cartera de inversiones. Se obtendrá comparando el valor actual obtenido en la FASE 3 con los flujos de cobro.

$$VA^* = \sum_{i=1}^s \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1 + TIR_j^*)^i} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1 + TIR)^i}$$

⁷⁵ En el sistema de inmunización por duraciones no es relevante la comparación de los flujos de cobro y pago en la determinación del tipo de interés de cálculo de la provisión matemática, pues el riesgo de reinversión se controla directamente con la exigencia de equivalencia de las duraciones. Por tal motivo la metodología de cálculo es diferente.

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i

n : Vencimiento del activo (de mayor vencimiento)

m : Número de títulos que componen la cartera

TIR_j^* : Tasa interna de rentabilidad reducida del activo j

VA^* : Valor actual de la cartera

TIR : Tasa interna de rentabilidad reducida de la cartera (incógnita)

Esta TIR no debe confundirse con el tipo de interés de cálculo de la provisión y, por comparación entre ambos, ofrece una medida útil del riesgo de reinversión.

e) FASE 5. Provisión matemática

La provisión matemática es igual al valor actual de los flujos de pago al interés implícito obtenido en la FASE 4, lo que resulta coincidente con el valor de la cartera obtenida en la FASE 3⁷⁶.

$$PM = \sum_{i=1}^s \frac{FP_i}{(1 + tasa)^i}$$

$$PM = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1 + TIR_j^*)^i}$$

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i

n : Vencimiento del activo (de mayor vencimiento)

m : Número de títulos que componen la cartera

TIR_j^* : Tasa interna de rentabilidad reducida del activo j

s : Vencimiento de la operación de seguro

FP_i : Flujo de pago derivado de la póliza en el instante i

$tasa$: Tasa de cálculo de la provisión matemática

PM : Provisión matemática (incógnita)

5.3. Ejemplo

Supongamos que todas las inversiones asignadas están clasificadas en la cartera contable de préstamos y partidas a cobrar. Por tanto, se seguirá como criterios el valor de compra y la TIR de compra.

En el Anexo 3.5 se muestran los flujos derivados de cada inversión, necesarios para deducir la TIR de compra. En la Tabla 3.5 se muestra la TIR (FASE 1) y la

⁷⁶ No obstante, posteriormente se analiza la problemática de la sobredotación de la provisión por exceso de asignación de inversiones. En tal caso esta igualdad se rompe.

TIR reducida (FASE 3) de las inversiones. Para el contrato de permuta de flujos se refleja la TIR reducida y la TIR (no reducida) pues se utilizará una u otra según el signo del saldo financiero.

	Activo 1	Activo 2	Permuta	Permuta
TIR	7,2846%	6,1637%	1,3754%	1,3754%
Rating	AA	A	-	AA
Coficiente	95,00%	92,00%	100,00%	95,00%
TIR reducida	6,9203%	5,6706%	1,3754%	1,3066%

Tabla 3.5 - FASE 2: TIR reducida

El Anexo 3.6 refleja los valores actuales de las inversiones a las respectivas TIR reducidas (FASE 3). La sistemática seguida para el contrato de permuta financiera consiste en calcular el saldo financiero en cada momento utilizando su TIR⁷⁷. Si el saldo financiero es positivo o acreedor (todos los meses hasta enero de 2005) no existe riesgo de crédito y debe utilizarse la TIR no reducida. Cuando el saldo financiero es negativo o deudor (a partir de entonces) sí hay riesgo por impago de la contraparte debiéndose utilizar la TIR reducida. El valor actual del swap se realiza mes a mes según la TIR que corresponda. El valor actual total de la cartera de inversiones a la TIR reducida asciende a 1.385.077.603 u.m.

La TIR media reducida de las inversiones asciende al 7,1455% y se muestra en el Anexo 3.7.

Cabe preguntarse por qué la TIR media reducida de la cartera de inversiones es superior a las TIR reducidas de los activos 1 y 2 mostradas en la Tabla 3.5. Incorporando el swap, la TIR de la cartera (no reducida) será la tasa implícita resultante de comparar el valor contable⁷⁸ de la cartera compuesta por los activos 1 y 2 en la fecha de contratación del swap (Anexo 3.8) con los flujos futuros de cobro del swap⁷⁹ (Anexo 3.9). Resulta una TIR global del 7,6475%, significativamente superior a las TIR de los activos 1 y 2, justificada por la reducción experimentada en la duración financiera de la nueva estructura de cobros. La TIR de la cartera (reducida) resulta de aplicar la misma metodología aunque sustituyendo el valor contable de la cartera por el valor actual de las inversiones a las respectivas TIR reducidas. La diferencia entre la TIR media

⁷⁷ Se observa cómo el saldo financiero final es nulo.

⁷⁸ El valor contable de los activos se obtendrá siguiendo la metodología descrita en el ejemplo de la Tabla 3.2. El valor contable de la cartera será la suma de los valores contables de los activos individuales al no tratarse de un grupo homogéneo.

⁷⁹ Los flujos de cobro de los activos 1 y 2 se pagan a la contraparte del swap. De esta forma, al existir coincidencia en tiempo y cuantía, ambas corrientes de flujos se compensan entre sí.

reducida (7,1455%) y la TIR media global (7,6475%) se justifica por la aplicación de los coeficientes reductores por riesgo de crédito⁸⁰.

El tipo implícito de cálculo de la provisión es el 6,4612% según se muestra en el Anexo 3.10 (FASE 4).

El diferencial entre la TIR media reducida de las inversiones (7,1455%) y el interés de cálculo de la provisión (6,4612%) muestra el riesgo de reinversión (0,6843%).

La provisión (FASE 5) coincide con el importe obtenido en la FASE 3.

5.4. Ajustes por sobredotación de la provisión matemática

a) Sobredotación de la provisión

Si una entidad, por motivos de prudencia, asigna a la inmunización un volumen de inversiones superior al estrictamente necesario para cubrir los compromisos de pago se genera un superávit.

Si dicho margen existe, los requisitos de la inmunización se cumplirán con un mayor grado de holgura. Por el procedimiento de cálculo del interés implícito descrito en el apartado 5.2 el margen se traslada a los pasivos en forma de una mayor provisión matemática. Así, el valor actual de los activos ante la existencia del citado margen será superior, la tasa implícita que resulta de su comparación con los flujos de pago disminuye, y la provisión incrementa.

No parece razonable penalizar a las entidades más prudentes sobrevalorando sus provisiones matemáticas. Se puede evitar con varios sistemas de ajuste.

b) Métodos de ajuste

El primer sistema consiste en excluir el margen del procedimiento de cálculo del interés implícito de la provisión. Es decir, aunque se mantiene el margen en el proceso de verificación de los requisitos de la inmunización, el valor actual de los flujos de cobro a la TIR reducida considera únicamente los flujos de cobro necesarios para casar los flujos de pago.

El segundo sistema parte de la idea de que sólo existe sobredotación de la provisión cuando el saldo financiero final de la operación es positivo. En tal caso podrá reducirse la provisión resultante del sistema general en un importe igual al valor actual del saldo financiero final. La cuestión a dilucidar es qué tasa de interés se debe utilizar para el descuento del saldo. Su origen está en los saldos mensuales positivos que periódicamente se van generando, y que se capitalizan al interés legal máximo. De ahí que un planteamiento exacto

⁸⁰ El coeficiente medio resultante de comparar ambas tasas es el 93,44%.

requeriría descontar por tramos: desde el momento final hasta el origen del saldo al interés legal máximo, y desde el origen del saldo hasta el momento inicial a la TIR reducida de la inversión de la que procede. No obstante, puesto que lo habitual es que el saldo final se haya originado en diferentes fechas y proceda de diferentes activos su aplicación práctica puede resultar compleja⁸¹. Una simplificación prudente del ajuste consiste en utilizar como tipo de descuento la TIR media reducida de la cartera global de las inversiones asignadas⁸².

El sistema de ajuste no puede consistir en utilizar como interés de cálculo de la provisión la TIR media reducida de las inversiones. En tal caso se estaría omitiendo la diferencia de duraciones financieras entre cobros y pagos o, lo que es lo mismo, el riesgo de reinversión. Dicho de otra forma, aunque no exista sobredotación de la provisión matemática (saldo financiero final de la operación nulo) debe considerarse el riesgo de reinversión en la dotación de la provisión comparándose el valor actual de los cobros con los flujos de pago. En la Tabla 3.4 se analizó un ejemplo clarificador sobre esta conclusión.

5.5. Ejemplo

Para el primer sistema de ajuste no existe una única solución. Por ejemplo, excluyendo un flujo de cobro de 20.379.879 u.m. procedente del activo 2 en la fecha de su vencimiento (30-4-2005) el saldo financiero final se hace nulo y se mantiene el cumplimiento del requisito del casamiento temporal. Se muestra en el Gráfico 3.3.

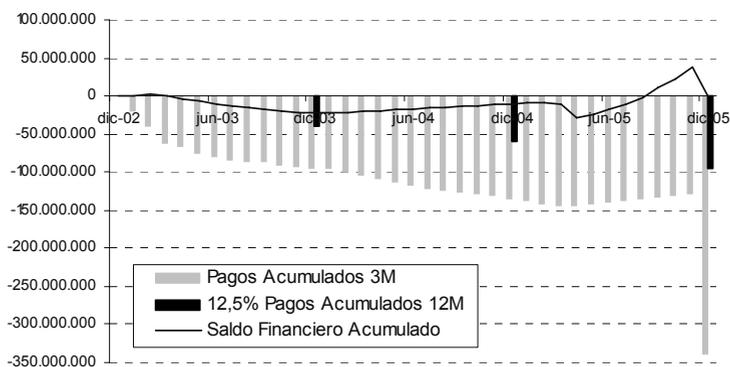


Gráfico 3.3 - Requisito 2 del casamiento temporal (ejemplo)

⁸¹ Además supondría un acercamiento al primer sistema de ajuste.

⁸² La utilización de la TIR media reducida de la cartera será tanto más exacta cuanto más cerca esté el origen del superávit de la fecha del saldo final. Lo contrario ocurrirá con la utilización del interés legal máximo, que será tanto más exacto cuanto mayor sea el período que dista entre el origen del superávit y la fecha del saldo final.

El valor actual del citado flujo a la TIR reducida del activo 2 (5,6706%) representa el ajuste reductor que se podrá realizar en la provisión matemática. Ascende a 17.920.601 u.m..

El ajuste por el segundo sistema se obtiene descontando el saldo financiero final (20.773.366 u.m.) a la TIR media reducida de las inversiones (7,1455%). Se obtiene un importe de 16.885.090 u.m.

En el Anexo 3.11 se muestra una comparativa de la provisión matemática y el tipo de interés de cálculo sin ajuste y con los ajustes descritos.

5.6. Otros límites al interés de cálculo de la provisión

Según se ha expuesto, el interés de cálculo de la provisión matemática se determinará en función de la rentabilidad de las inversiones asignadas cuando se cumplan los requisitos del casamiento de flujos.

Lo anterior, con independencia de cuál sea el tipo de interés garantizado. Hay, no obstante, dos supuestos en los que el interés de cálculo de la provisión no debería ser superior al tipo de interés garantizado.

En primer lugar, cuando existe participación en beneficios. Supongamos que la rentabilidad de las inversiones es el 7%, el tipo de interés garantizado un 5%, y la participación en beneficios gira sobre el diferencial entre ambos. Si la provisión de determina en función del 7% se estaría liberando el importe de la provisión correspondiente a la futura participación en beneficios que, según el contrato, corresponde a los asegurados. También suele justificarse este límite por motivos de protección del asegurado. El cálculo de la provisión al 7% posibilitaría una reducción de las inversiones asignadas y, en consecuencia, del importe de participación en beneficios de los asegurados.

En segundo lugar, cuando el valor de rescate se define como la provisión matemática. Según se expuso en el apartado 2.4 la provisión matemática a efectos de rescate será la resultante de utilizar el tipo de interés garantizado. Si la provisión contable debe incluir el valor de rescate garantizado, dicha provisión no podrá ser inferior a la resultante de utilizar el tipo de interés garantizado.

6. INMUNIZACIÓN A PRIMA PERIÓDICA

6.1. Riesgo de reinversión

En un seguro tradicional a prima periódica se garantiza un tipo de interés fijo hasta el vencimiento de la póliza, con independencia del interés de mercado al que la entidad aseguradora pueda reinvertir las primas futuras. Existe un riesgo de reinversión importante en un escenario bajista de tipos de interés.

6.2. Tratamiento de flujos

Un **primer planteamiento** del componente de primas periódicas consistiría en omitir las primas futuras en los flujos de cobro y considerar como flujos de pago las prestaciones y gastos derivadas únicamente de las primas pasadas.

Es un planteamiento erróneo por cuanto considera implícitamente que el asegurado va a dejar de pagar las primas futuras procediéndose a la reducción de los capitales asegurados. El problema real del riesgo reinversión se produce cuando los tipos de interés de mercado se reducen. El seguro proporciona una rentabilidad mayor a la que se puede obtener en el mercado, por lo que los asegurados estarán incentivados a continuar pagando primas y no reducir el seguro, que es precisamente la hipótesis contraria a la considerada en el planteamiento.

Un **segundo planteamiento** supone computar la totalidad de flujos de pago por prestaciones y gastos, con independencia de que deriven de las primas pasadas o futuras. Lógicamente los flujos de cobro incluirán las primas futuras estimadas. A diferencia del resto de flujos de cobro, que son ciertos al margen del riesgo de crédito y proceden de la cartera de inversiones asignada, los flujos de cobro por primas futuras son flujos probables y proceden de la póliza de seguro.

Si se produce una caída de los tipos de interés de mercado el proceso de inmunización generará un déficit ya que los compromisos estarán calculados al tipo de interés garantizado, que no varía, mientras que la reinversión de los saldos se realizará a partir del interés legal máximo, que se adapta a las nuevas condiciones de mercado. Salvo que se hayan establecido sistemas para la cobertura del riesgo de reinversión la entidad deberá asignar nuevas inversiones. Por tanto, se trata de un planteamiento que toma en consideración el riesgo de reinversión debiéndose aceptarse su aplicación.

El interés de cálculo de la provisión se obtendrá aplicando la misma sistemática descrita en el apartado 5.2, con la particularidad de que a los flujos de cobro por primas futuras no se les aplican las FASES 1 a 3. Por tanto, en la FASE 4 se deducirá el tipo implícito resultante de comparar el valor actual de las inversiones asignadas a sus respectivas TIR reducidas así como los flujos de cobro por primas futuras en sus respectivas fechas, con los flujos de pago.

6.3. Otras figuras

En algunos casos la póliza de seguro, sea a prima única o periódica, prevé la posibilidad de efectuar primas extraordinarias. Si la entidad garantiza un tipo de interés fijo está asumiendo un riesgo de reinversión ante un eventual escenario de caída de tipos. Su consideración supone efectuar hipótesis de pago de

primas extraordinarias futuras, lo que en la práctica conlleva la necesidad de asignar inversiones complementarias⁸³.

Otro caso que debe citarse son las primas financiadas. Se trata de un seguro a prima única con pago fraccionado por parte del tomador. El tipo de interés de la financiación será el que hayan estipulado las partes con los límites legales. Es una figura asimilable a un crédito concedido por la entidad aseguradora, por lo que debe aplicarse el régimen descrito para los activos⁸⁴.

6.4. Ejemplo

En la Tabla 3.6 se muestra la sistemática aplicable a un seguro a prima periódica. Los flujos futuros de cobro incluyen el valor de reembolso de un activo cupón cero (41,21 u.m.) y las primas futuras. Los flujos de pago también incluirán las prestaciones y gastos derivados de las primas futuras.

Año	Pagos	Activos	Primas	Cobros	Saldo	VA Activos	Interés	Provisión
0							-36,23	
1	31,00	0,00	34,46	34,46	3,46	0,00	-3,46	-3,31
2	35,05	0,00	31,50	31,50	0,01	0,00	3,55	3,26
3	41,22	41,21	0,00	41,21	0,00	36,23	41,22	36,29
						36,23	4,34%	36,23

Tabla 3.6 - Ejemplo de seguro a prima periódica

Suponiendo un interés legal máximo del 2,89% se verifican los requisitos del casamiento aplicando la metodología general. No existe sobredotación de la provisión matemática al resultar un saldo financiero final nulo.

Suponiendo que la TIR reducida del activo cupón cero es el 4,39% calculamos su valor actual (36,23 u.m.). El interés de cálculo de la provisión se deduce comparando el valor actual de las inversiones (en el momento inicial) así como las primas futuras (en sus respectivas fechas) con los flujos de pago (4,34%). A partir del tipo de interés obtenido se determina la provisión matemática como el valor actual de los flujos de pago menos el valor actual de las primas futuras (36.23 u.m.). Se observa que, de la misma forma que ocurría en los seguros a

⁸³ Carece de sentido suponer que los tomadores de seguro van a pagar primas extraordinarias cuando las condiciones de mercado son más favorables. Sólo cuando se produce una caída de tipos la inversión por primas extraordinarias es atractiva. IASB y Solvencia II prevén explícitamente la necesidad de incorporar el componente de primas extraordinarias al cálculo de la provisión matemática.

⁸⁴ Por tanto, le resultarán aplicables las FASES 1 a 3 para el cálculo del interés de la provisión matemática, no siendo procedente su asimilación a las primas periódicas.

prima única, la provisión matemática (FASE 5) coincide con el valor actual de las inversiones a la TIR reducida (FASE 3)⁸⁵.

7. REVISIÓN

Los requisitos de la inmunización se han de cumplir no sólo en el momento de la planificación inicial sino también con posterioridad. Por ello, deberá procederse a efectuar revisiones periódicas con una frecuencia adecuada. Habitualmente se admite el trimestre como un período adecuado de revisión de los sistemas de inmunización del riesgo de tipo de interés.

El libro de inversiones de la entidad debe recoger los resultados obtenidos en cada proceso de revisión de forma que permita un seguimiento y mejora permanente.

En caso incumplimiento de alguno de los requisitos deberán acometerse las medidas oportunas para su subsanación en un período razonable⁸⁶. En otro caso debería aplicarse el régimen general de cálculo de la provisión matemática. No obstante, dicha situación ha de entenderse reversible.

Motivos habituales que pueden generar un incumplimiento de los requisitos de la inmunización son la caída de rating por debajo de BBB, desviaciones de los flujos reales de pago respecto a las estimaciones efectuadas (prestaciones o gastos), o el ejercicio del derecho de rescate.

8. VALORACIÓN DE INVERSIONES A EFECTOS DE SOLVENCIA

Los estados extracontables que garantizan la solvencia de las entidades aseguradoras son dos: estado de cobertura de provisiones técnicas y estado de margen de solvencia.

8.1. Estado de cobertura de provisiones técnicas

El estado de cobertura de provisiones técnicas pretende garantizar que podrá afrontarse la liquidación de los compromisos asumidos mediante la realización de las inversiones asignadas. En su configuración deben aplicarse determinados requisitos de rentabilidad, seguridad, liquidez, diversificación o dispersión, entre otros.

⁸⁵ Siempre que no exista sobredotación de la provisión matemática.

⁸⁶ En España si se incumplen los requisitos en una determinada revisión trimestral deberá indicarse en el libro de inversiones las medidas a adoptar, que deberán estar completadas al final del trimestre siguiente. De mantenerse el incumplimiento en la tercera sucesiva revisión trimestral la entidad deberá calcular la provisión matemática al interés máximo legal.

Con independencia del criterio contable utilizado para la valoración de las inversiones, en general lo verdaderamente determinante a efectos del estado de cobertura de provisiones técnicas debe ser su valor de mercado.

No obstante, en el caso de pólizas inmunizadas debe aplicarse un régimen especial. El criterio de valoración de las inversiones debe ser consistente con el criterio de valoración de las provisiones. Así, si las provisiones se calculan a coste histórico la valoración de los activos debe realizarse a coste amortizado. Si las provisiones se calculan a valor razonable su cobertura debe realizarse a valor de mercado de las inversiones⁸⁷.

Cabría preguntarse sobre los motivos que justifican la citada consistencia en la valoración de activos y pasivos. Desde una perspectiva financiera la respuesta es inmediata. Si las inversiones asignadas inmunizan el riesgo de interés de los compromisos asumidos carece de sentido considerar superávit alguno en su valoración conjunta. Pero también puede ofrecerse una justificación contable. Si la entidad decidiera acometer un proceso de venta real de las inversiones sería difícilmente defendible el criterio de no admitir la contabilización de los ingresos por las plusvalías resultantes. No obstante, inmediatamente después de la venta la entidad debería proceder a la adquisición de una cartera de inversiones similar, que permitiera continuar con el proceso de cobertura de los pasivos. Al haberse producido un incremento en el valor de las inversiones el incremento de la provisión matemática es directo así como el impacto, de signo contrario, en la cuenta de resultados.

8.2. Estado de margen de solvencia

El estado de margen de solvencia pretende garantizar la cobertura de los riesgos asumidos por la entidad aseguradora. El patrimonio propio no comprometido de la entidad deberá representar un importe igual o superior a la cuantía mínima del margen de solvencia.

Una de las partidas computables en el régimen general del margen de solvencia son las plusvalías no contabilizadas de las inversiones calificadas como aptas para la cobertura de las provisiones técnicas, netas de todo gasto imputable como el impuesto sobre sociedades. En el mismo sentido deberán deducirse las minusvalías no contabilizadas.

Nuevamente debe establecerse un régimen especial para las plusvalías o minusvalías no contabilizadas derivadas de inversiones asignadas a procesos

⁸⁷ Según es expuso, en España se ha decidido determinar la provisión matemática en todo caso a coste histórico. Por tanto, si las inversiones están clasificadas en una cartera contable cuya valoración se realiza a valor de mercado aparece un problema de asimetría contable entre el activo y el pasivo, que requerirá el registro de un ajuste corrector. A efectos de cobertura de provisiones técnicas, puesto que éstas están valoradas a coste histórico, la valoración de las inversiones se realizará en todo caso a coste amortizado, sea cuál sea el criterio contable utilizado en su valoración.

de inmunización financiera. Son partidas que previsiblemente se imputarán a los asegurados por lo que no deben ser objeto de cómputo o deducción en el estado de margen de solvencia.

8.3. Ejemplo

Las inversiones se valoran a coste amortizado al estar clasificadas en la cartera contable de préstamos y partidas a cobrar. Por tanto, la provisión matemática se determinará igualmente a coste histórico.

En el Anexo 3.8 se refleja el valor contable de la cartera de inversiones (1.373.056.288 u.m.), coincidente con el valor computable en el estado de cobertura de provisiones técnicas.

Sea cuál sea el valor de mercado de las inversiones, las plusvalías (minusvalías) no serán computables (deducibles) en el estado de margen de solvencia.

Anexo 3.1 - Flujos futuros mensuales de pago

Fecha	Pagos
31/01/2003	18.852.116
28/02/2003	20.085.211
31/03/2003	22.587.721
30/04/2003	24.425.995
31/05/2003	27.673.598
30/06/2003	27.597.927
31/07/2003	28.008.827
31/08/2003	29.701.680
30/09/2003	29.579.715
31/10/2003	30.657.638
30/11/2003	31.808.394
31/12/2003	31.638.991
31/01/2004	32.709.237
29/02/2004	34.428.056
31/03/2004	36.197.002
30/04/2004	37.322.128
31/05/2004	39.868.180
30/06/2004	40.678.221
31/07/2004	40.824.821
31/08/2004	41.930.027
30/09/2004	42.264.862
31/10/2004	43.983.881
30/11/2004	44.133.236
31/12/2004	45.962.848
31/01/2005	46.949.499
28/02/2005	48.267.594
31/03/2005	49.123.723
30/04/2005	46.770.912
31/05/2005	46.572.405
30/06/2005	45.879.145
31/07/2005	45.096.423
31/08/2005	44.246.291
30/09/2005	43.331.933
31/10/2005	43.373.247
30/11/2005	42.374.836
31/12/2005	252.182.352

Anexo 3.2 - Flujos futuros mensuales de cobro

Fecha	Cobros Activo 1	Cobros Activo 2	Cobros Cartera
31/01/2003	0	3.000.000	3.000.000
28/02/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/03/2003	0	3.000.000	3.000.000
30/04/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/05/2003	0	3.000.000	3.000.000
30/06/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/07/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/08/2003	0	3.000.000	3.000.000
30/09/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/10/2003	0	3.000.000	3.000.000
30/11/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/12/2003	0	3.000.000	3.000.000
31/01/2004	0	3.000.000	3.000.000
29/02/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/03/2004	0	3.000.000	3.000.000
30/04/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/05/2004	0	3.000.000	3.000.000
30/06/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/07/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/08/2004	0	3.000.000	3.000.000
30/09/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/10/2004	0	3.000.000	3.000.000
30/11/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/12/2004	0	3.000.000	3.000.000
31/01/2005	0	3.000.000	3.000.000
28/02/2005	900.000.000	3.000.000	903.000.000
31/03/2005		3.000.000	3.000.000
30/04/2005		603.000.000	603.000.000

Anexo 3.3 - Valoración del contrato de permuta de flujos

Fecha	Curva	Pagos	Cobros	VA Pagos	VA Cobros
31/01/2002	3,24%	3.000.000	13.195.129	2.999.917	13.194.766
28/02/2002	3,23%	3.000.000	13.775.906	2.999.844	13.775.188
31/03/2002	3,21%	3.000.000	14.271.553	2.999.763	14.270.424
30/04/2002	3,20%	3.000.000	15.642.529	2.999.684	15.640.884
31/05/2002	3,19%	3.000.000	15.309.308	2.999.604	15.307.288
30/06/2002	3,18%	3.000.000	15.952.379	2.999.527	15.949.864
31/07/2002	3,21%	3.000.000	16.612.247	2.999.441	16.609.153
31/08/2002	3,24%	3.000.000	17.189.430	2.999.354	17.185.728
30/09/2002	3,26%	3.000.000	17.484.463	2.999.268	17.480.198
31/10/2002	3,29%	3.000.000	17.997.900	2.999.178	17.992.969
30/11/2002	3,32%	3.000.000	18.830.310	2.999.090	18.824.596
31/12/2002	3,35%	3.000.000	19.082.278	2.998.997	19.075.897
31/01/2003	3,39%	3.000.000	19.954.410	2.998.899	19.947.084
28/02/2003	3,42%	3.000.000	20.547.330	2.998.808	20.539.163
31/03/2003	3,46%	3.000.000	20.661.681	2.998.705	20.652.764
30/04/2003	3,50%	3.000.000	21.498.125	2.998.604	21.488.124
31/05/2003	3,54%	3.000.000	23.761.966	2.998.498	23.750.070
30/06/2003	3,58%	3.000.000	24.685.917	2.998.393	24.672.697
31/07/2003	3,62%	3.000.000	25.098.872	2.998.283	25.084.507
31/08/2003	3,66%	3.000.000	26.800.188	2.998.171	26.783.847
30/09/2003	3,70%	3.000.000	27.677.613	2.998.060	27.659.716
31/10/2003	3,74%	3.000.000	28.760.926	2.997.944	28.741.213
30/11/2003	3,78%	3.000.000	29.917.436	2.997.829	29.895.787
31/12/2003	3,82%	3.000.000	30.747.186	2.997.709	30.723.703
31/01/2004	3,85%	3.000.000	33.822.783	2.997.595	33.795.665
29/02/2004	3,87%	3.000.000	35.550.197	2.997.487	35.520.421
31/03/2004	3,90%	3.000.000	37.327.987	2.997.371	37.295.270
30/04/2004	3,93%	3.000.000	38.458.739	2.997.256	38.423.567
31/05/2004	3,95%	3.000.000	41.017.521	2.997.137	40.978.377
30/06/2004	3,98%	3.000.000	41.831.612	2.997.020	41.790.063
31/07/2004	4,00%	3.000.000	41.978.945	2.996.898	41.935.541
31/08/2004	4,03%	3.000.000	43.089.678	2.996.775	43.043.352
30/09/2004	4,06%	3.000.000	43.426.186	2.996.654	43.377.751
31/10/2004	4,08%	3.000.000	45.153.800	2.996.528	45.101.541
30/11/2004	4,11%	3.000.000	45.303.902	2.996.405	45.249.607
31/12/2004	4,14%	3.000.000	47.142.662	2.996.276	47.084.139
31/01/2005	4,16%	3.000.000	47.634.247	2.996.149	47.573.096
28/02/2005	4,18%	903.000.000	47.958.932	901.805.926	47.895.514
31/03/2005	4,21%	3.000.000	48.819.342	2.995.904	48.752.682
30/04/2005	4,23%	603.000.000	49.454.767	602.151.256	49.385.157
31/05/2005	4,25%	0	50.255.267	0	50.182.325
30/06/2005	4,28%	0	51.558.540	0	51.481.498
31/07/2005	4,30%	0	52.771.905	0	52.690.692
31/08/2005	4,32%	0	53.917.522	0	53.832.117
30/09/2005	4,34%	0	54.998.593	0	54.909.056
31/10/2005	4,37%	0	56.040.113	0	55.946.311
30/11/2005	4,39%	0	57.036.710	0	56.938.688
31/12/2005	4,41%	0	213.643.264	0	213.266.140
				<u>1.581.892.538</u>	<u>1.576.387.245</u>

Anexo 3.4 - Verificación de requisitos del casamiento de flujos

Fecha	Pagos	Cobros	SF 1	SF 2	Límite (i)	Límite (ii)
31/01/2003	18.852.116	19.954.410	1.102.294	1.102.294	-18.852.116	-
28/02/2003	20.085.211	20.547.330	1.566.825	1.566.825	-38.937.327	-
31/03/2003	22.587.721	20.661.681	-355.419	-355.419	-61.525.048	-
30/04/2003	24.425.995	21.498.125	-3.284.123	-3.284.531	-67.098.927	-
31/05/2003	27.673.598	23.761.966	-7.203.711	-7.208.023	-74.687.314	-
30/06/2003	27.597.927	24.685.917	-10.132.610	-10.145.218	-79.697.520	-
31/07/2003	28.008.827	25.098.872	-13.067.113	-13.091.806	-83.280.352	-
31/08/2003	29.701.680	26.800.188	-16.000.262	-16.040.568	-85.308.435	-
30/09/2003	29.579.715	27.677.613	-17.939.875	-17.998.716	-87.290.222	-
31/10/2003	30.657.638	28.760.926	-19.880.049	-19.960.416	-89.939.033	-
30/11/2003	31.808.394	29.917.436	-21.817.614	-21.921.116	-92.045.747	-
31/12/2003	31.638.991	30.747.186	-22.762.275	-22.892.072	-94.105.023	-40.327.227
31/01/2004	32.709.237	33.822.783	-21.703.874	-21.861.183	-96.156.622	-
29/02/2004	34.428.056	35.550.197	-20.630.918	-20.812.876	-98.776.284	-
31/03/2004	36.197.002	37.327.987	-19.549.915	-19.757.040	-103.334.295	-
30/04/2004	37.322.128	38.458.739	-18.459.137	-18.689.461	-107.947.187	-
31/05/2004	39.868.180	41.017.521	-17.354.516	-17.607.603	-113.387.310	-
30/06/2004	40.678.221	41.831.612	-16.241.811	-16.515.733	-117.868.530	-
31/07/2004	40.824.821	41.978.945	-15.127.036	-15.421.243	-121.371.222	-
31/08/2004	41.930.027	43.089.678	-14.004.033	-14.317.274	-123.433.070	-
30/09/2004	42.264.862	43.426.186	-12.875.540	-13.205.975	-125.019.710	-
31/10/2004	43.983.881	45.153.800	-11.736.813	-12.083.739	-128.178.770	-
30/11/2004	44.133.236	45.303.902	-10.593.663	-10.955.294	-130.381.979	-
31/12/2004	45.962.848	47.142.662	-9.439.514	-9.815.036	-134.079.965	-60.037.812
31/01/2005	46.949.499	47.634.247	-8.777.635	-9.165.728	-137.045.583	-
28/02/2005	48.267.594	47.958.932	-9.105.502	-9.504.277	-141.179.941	-
31/03/2005	49.123.723	48.819.342	-9.431.943	-9.842.975	-144.340.816	-
30/04/2005	46.770.912	49.454.767	-6.770.200	-7.193.512	-144.162.229	-
31/05/2005	46.572.405	50.255.267	-3.103.740	-3.536.624	-142.467.040	-
30/06/2005	45.879.145	51.558.540	2.568.379	2.130.415	-139.222.461	-
31/07/2005	45.096.423	52.771.905	10.250.083	9.811.058	-137.547.972	-
31/08/2005	44.246.291	53.917.522	19.946.147	19.506.058	-135.221.858	-
30/09/2005	43.331.933	54.998.593	31.659.569	31.218.448	-132.674.647	-
31/10/2005	43.373.247	56.040.113	44.403.135	43.960.946	-130.951.471	-
30/11/2005	42.374.836	57.036.710	59.169.109	58.725.882	-129.080.016	-
31/12/2005	252.182.352	213.643.264	20.773.366	20.329.066	-337.930.435	-94.271.045

Anexo 3.5 - FASE 1: TIR de las inversiones

Fecha	Activo 1	Activo 2	Pagos Swap	Cobros Swap	Neto Swap
28/02/1999	-590.000.000				
31/03/1999	0				
30/04/1999	0				
31/05/1999	0				
30/06/1999	0				
31/07/1999	0				
31/08/1999	0				
30/09/1999	0				
31/10/1999	0				
30/11/1999	0				
31/12/1999	0				
31/01/2000	0				
29/02/2000	0				
31/03/2000	0				
30/04/2000	0	-600.000.000			
31/05/2000	0	3.000.000			
30/06/2000	0	3.000.000			
31/07/2000	0	3.000.000			
31/08/2000	0	3.000.000			
30/09/2000	0	3.000.000			
31/10/2000	0	3.000.000			
30/11/2000	0	3.000.000			
31/12/2000	0	3.000.000			
31/01/2001	0	3.000.000			
28/02/2001	0	3.000.000			
31/03/2001	0	3.000.000			
30/04/2001	0	3.000.000			
31/05/2001	0	3.000.000			
30/06/2001	0	3.000.000			
31/07/2001	0	3.000.000			
31/08/2001	0	3.000.000			
30/09/2001	0	3.000.000			
31/10/2001	0	3.000.000			
30/11/2001	0	3.000.000			
31/12/2001	0	3.000.000			
31/01/2002	0	3.000.000			
28/02/2002	0	3.000.000			
31/03/2002	0	3.000.000			
30/04/2002	0	3.000.000			
31/05/2002	0	3.000.000			
30/06/2002	0	3.000.000			
31/07/2002	0	3.000.000			
31/08/2002	0	3.000.000			
30/09/2002	0	3.000.000			
31/10/2002	0	3.000.000			
30/11/2002	0	3.000.000			
31/12/2002	0	3.000.000			

Anexo 3.5 - FASE 1: TIR de las inversiones (continuación)

Fecha	Activo 1	Activo 2	Pagos Swap	Cobros Swap	Neto Swap
31/01/2003	0	3.000.000	3.000.000	19.954.410	16.954.410
28/02/2003	0	3.000.000	3.000.000	20.547.330	17.547.330
31/03/2003	0	3.000.000	3.000.000	20.661.681	17.661.681
30/04/2003	0	3.000.000	3.000.000	21.498.125	18.498.125
31/05/2003	0	3.000.000	3.000.000	23.761.966	20.761.966
30/06/2003	0	3.000.000	3.000.000	24.685.917	21.685.917
31/07/2003	0	3.000.000	3.000.000	25.098.872	22.098.872
31/08/2003	0	3.000.000	3.000.000	26.800.188	23.800.188
30/09/2003	0	3.000.000	3.000.000	27.677.613	24.677.613
31/10/2003	0	3.000.000	3.000.000	28.760.926	25.760.926
30/11/2003	0	3.000.000	3.000.000	29.917.436	26.917.436
31/12/2003	0	3.000.000	3.000.000	30.747.186	27.747.186
31/01/2004	0	3.000.000	3.000.000	33.822.783	30.822.783
29/02/2004	0	3.000.000	3.000.000	35.550.197	32.550.197
31/03/2004	0	3.000.000	3.000.000	37.327.987	34.327.987
30/04/2004	0	3.000.000	3.000.000	38.458.739	35.458.739
31/05/2004	0	3.000.000	3.000.000	41.017.521	38.017.521
30/06/2004	0	3.000.000	3.000.000	41.831.612	38.831.612
31/07/2004	0	3.000.000	3.000.000	41.978.945	38.978.945
31/08/2004	0	3.000.000	3.000.000	43.089.678	40.089.678
30/09/2004	0	3.000.000	3.000.000	43.426.186	40.426.186
31/10/2004	0	3.000.000	3.000.000	45.153.800	42.153.800
30/11/2004	0	3.000.000	3.000.000	45.303.902	42.303.902
31/12/2004	0	3.000.000	3.000.000	47.142.662	44.142.662
31/01/2005	0	3.000.000	3.000.000	47.634.247	44.634.247
28/02/2005	900.000.000	3.000.000	903.000.000	47.958.932	-855.041.068
31/03/2005		3.000.000	3.000.000	48.819.342	45.819.342
30/04/2005		603.000.000	603.000.000	49.454.767	-553.545.233
31/05/2005				0	50.255.267
30/06/2005				0	51.558.540
31/07/2005				0	52.771.905
31/08/2005				0	53.917.522
30/09/2005				0	54.998.593
31/10/2005				0	56.040.113
30/11/2005				0	57.036.710
31/12/2005				0	213.643.264
	<u>7,2846%</u>	<u>6,1637%</u>			<u>1,3754%</u>

Anexo 3.6 - FASE 3: Valor actual de las inversiones a la TIR reducida

Fecha	Activo 1	Activo 2	Saldo swap	TIR swap	Swap
31/12/2002				1,3754%	184.007
31/01/2003	0	2.985.979	16.954.410	1,3754%	184.220
28/02/2003	0	2.973.372	34.519.516	1,3754%	-16.787.772
31/03/2003	0	2.959.476	52.221.268	1,3754%	-34.374.959
30/04/2003	0	2.946.090	70.778.057	1,3754%	-52.095.097
31/05/2003	0	2.932.321	91.622.184	1,3754%	-70.675.168
30/06/2003	0	2.919.058	113.411.026	1,3754%	-91.539.851
31/07/2003	0	2.905.415	135.641.548	1,3754%	-113.357.204
31/08/2003	0	2.891.837	159.599.194	1,3754%	-135.613.318
30/09/2003	0	2.878.757	184.456.095	1,3754%	-159.592.586
31/10/2003	0	2.865.303	210.431.144	1,3754%	-184.484.106
30/11/2003	0	2.852.342	237.584.970	1,3754%	-210.481.214
31/12/2003	0	2.839.012	265.607.953	1,3754%	-237.674.229
31/01/2004	0	2.825.744	296.739.062	1,3754%	-265.729.525
29/02/2004	0	2.813.387	329.611.487	1,3754%	-296.874.333
31/03/2004	0	2.800.239	364.322.097	1,3754%	-329.806.936
30/04/2004	0	2.787.573	400.190.103	1,3754%	-364.543.979
31/05/2004	0	2.774.545	438.672.177	1,3754%	-400.467.054
30/06/2004	0	2.761.996	477.996.578	1,3754%	-438.977.153
31/07/2004	0	2.749.087	517.530.396	1,3754%	-478.363.421
31/08/2004	0	2.736.239	558.220.840	1,3754%	-517.942.914
30/09/2004	0	2.723.863	599.274.111	1,3754%	-558.659.465
31/10/2004	0	2.711.133	642.123.568	1,3754%	-599.781.088
30/11/2004	0	2.698.870	685.148.809	1,3754%	-642.656.016
31/12/2004	0	2.686.257	730.086.813	1,3754%	-685.755.041
31/01/2005	0	2.673.702	775.568.568	1,3754%	-730.744.991
28/02/2005	778.654.750	2.662.413	-78.659.368	1,3066%	-776.192.172
31/03/2005	0	2.649.971	-32.931.336	1,3066%	78.935.877
30/04/2005	0	530.234.865	-586.513.563	1,3066%	33.151.888
31/05/2005	0	0	-536.939.140	1,3066%	587.344.326
30/06/2005	0	0	-485.983.778	1,3066%	537.662.418
31/07/2005	0	0	-433.776.019	1,3066%	486.640.115
31/08/2005	0	0	-380.362.037	1,3066%	434.346.824
30/09/2005	0	0	-325.790.729	1,3066%	380.835.422
31/10/2005	0	0	-270.128.805	1,3066%	326.196.270
30/11/2005	0	0	-213.395.548	1,3066%	270.444.557
31/12/2005	0	0	0		213.643.264
	<u>778.654.750</u>	<u>606.238.846</u>			<u>184.007</u>

Anexo 3.7 - TIR media reducida de la cartera de inversiones

Fecha	Flujos
31/12/2002	-1.385.077.603
31/01/2003	19.954.410
28/02/2003	20.547.330
31/03/2003	20.661.681
30/04/2003	21.498.125
31/05/2003	23.761.966
30/06/2003	24.685.917
31/07/2003	25.098.872
31/08/2003	26.800.188
30/09/2003	27.677.613
31/10/2003	28.760.926
30/11/2003	29.917.436
31/12/2003	30.747.186
31/01/2004	33.822.783
29/02/2004	35.550.197
31/03/2004	37.327.987
30/04/2004	38.458.739
31/05/2004	41.017.521
30/06/2004	41.831.612
31/07/2004	41.978.945
31/08/2004	43.089.678
30/09/2004	43.426.186
31/10/2004	45.153.800
30/11/2004	45.303.902
31/12/2004	47.142.662
31/01/2005	47.634.247
28/02/2005	47.958.932
31/03/2005	48.819.342
30/04/2005	49.454.767
31/05/2005	50.255.267
30/06/2005	51.558.540
31/07/2005	52.771.905
31/08/2005	53.917.522
30/09/2005	54.998.593
31/10/2005	56.040.113
30/11/2005	57.036.710
31/12/2005	213.643.264
	<u>7,1455%</u>

Anexo 3.8 - Valor contable de la cartera de inversiones

Fecha	Activo 1	Activo 2	Cartera
28/02/1999	-590.000.000		-590.000.000
31/03/1999	-593.533.972		-593.533.972
30/04/1999	-596.974.098		-596.974.098
31/05/1999	-600.549.843		-600.549.843
30/06/1999	-604.030.634		-604.030.634
31/07/1999	-607.648.646		-607.648.646
31/08/1999	-611.288.330		-611.288.330
30/09/1999	-614.831.360		-614.831.360
31/10/1999	-618.514.066		-618.514.066
30/11/1999	-622.098.977		-622.098.977
31/12/1999	-625.825.215		-625.825.215
31/01/2000	-629.573.772		-629.573.772
29/02/2000	-633.100.812		-633.100.812
31/03/2000	-636.892.948		-636.892.948
30/04/2000	-640.584.383	-600.000.000	-1.240.584.383
31/05/2000	-644.421.345	-600.055.694	-1.244.477.038
30/06/2000	-648.156.414	-600.012.849	-1.248.169.263
31/07/2000	-652.038.730	-600.068.608	-1.252.107.338
31/08/2000	-655.944.301	-600.124.651	-1.256.068.952
30/09/2000	-659.746.158	-600.082.146	-1.259.828.304
31/10/2000	-663.697.894	-600.138.258	-1.263.836.152
30/11/2000	-667.544.691	-600.095.820	-1.267.640.511
31/12/2000	-671.543.138	-600.152.002	-1.271.695.140
31/01/2001	-675.565.536	-600.208.470	-1.275.774.006
28/02/2001	-679.219.374	-599.968.731	-1.279.188.106
31/03/2001	-683.287.751	-600.024.266	-1.283.312.017
30/04/2001	-687.248.090	-599.981.266	-1.287.229.356
31/05/2001	-691.364.557	-600.036.864	-1.291.401.422
30/06/2001	-695.371.710	-599.993.927	-1.295.365.637
31/07/2001	-699.536.836	-600.049.590	-1.299.586.425
31/08/2001	-703.726.910	-600.105.536	-1.303.832.445
30/09/2001	-707.805.714	-600.062.937	-1.307.868.651
31/10/2001	-712.045.317	-600.118.951	-1.312.164.268
30/11/2001	-716.172.336	-600.076.418	-1.316.248.753
31/12/2001	-720.462.053	-600.132.501	-1.320.594.553
31/01/2002	-724.777.464	-600.188.869	-1.324.966.333
28/02/2002	-728.697.468	-599.949.041	-1.328.646.508
31/03/2002	-733.062.208	-600.004.475	-1.333.066.682
30/04/2002	-737.311.040	-599.961.377	-1.337.272.417
31/05/2002	-741.727.373	-600.016.875	-1.341.744.248
30/06/2002	-746.026.429	-599.973.838	-1.346.000.267
31/07/2002	-750.494.965	-600.029.399	-1.350.524.364
31/08/2002	-754.990.267	-600.085.242	-1.355.075.510
30/09/2002	-759.366.195	-600.042.543	-1.359.408.738
31/10/2002	-763.914.634	-600.098.454	-1.364.013.087
30/11/2002	-768.342.287	-600.055.819	-1.368.398.107
31/12/2002	-772.944.491	-600.111.797	-1.373.056.288

Anexo 3.9 - TIR media (no reducida) de la cartera después del swap

Fecha	Flujos
31/12/2002	-1.373.056.288
31/01/2003	19.954.410
28/02/2003	20.547.330
31/03/2003	20.661.681
30/04/2003	21.498.125
31/05/2003	23.761.966
30/06/2003	24.685.917
31/07/2003	25.098.872
31/08/2003	26.800.188
30/09/2003	27.677.613
31/10/2003	28.760.926
30/11/2003	29.917.436
31/12/2003	30.747.186
31/01/2004	33.822.783
29/02/2004	35.550.197
31/03/2004	37.327.987
30/04/2004	38.458.739
31/05/2004	41.017.521
30/06/2004	41.831.612
31/07/2004	41.978.945
31/08/2004	43.089.678
30/09/2004	43.426.186
31/10/2004	45.153.800
30/11/2004	45.303.902
31/12/2004	47.142.662
31/01/2005	47.634.247
28/02/2005	47.958.932
31/03/2005	48.819.342
30/04/2005	49.454.767
31/05/2005	50.255.267
30/06/2005	51.558.540
31/07/2005	52.771.905
31/08/2005	53.917.522
30/09/2005	54.998.593
31/10/2005	56.040.113
30/11/2005	57.036.710
31/12/2005	213.643.264
	<u>7,6475%</u>

Anexo 3.10 - FASE 4: Tipo implícito de cálculo de la provisión

Fecha	Interés
31/12/2002	-1.385.077.603
31/01/2003	18.852.116
28/02/2003	20.085.211
31/03/2003	22.587.721
30/04/2003	24.425.995
31/05/2003	27.673.598
30/06/2003	27.597.927
31/07/2003	28.008.827
31/08/2003	29.701.680
30/09/2003	29.579.715
31/10/2003	30.657.638
30/11/2003	31.808.394
31/12/2003	31.638.991
31/01/2004	32.709.237
29/02/2004	34.428.056
31/03/2004	36.197.002
30/04/2004	37.322.128
31/05/2004	39.868.180
30/06/2004	40.678.221
31/07/2004	40.824.821
31/08/2004	41.930.027
30/09/2004	42.264.862
31/10/2004	43.983.881
30/11/2004	44.133.236
31/12/2004	45.962.848
31/01/2005	46.949.499
28/02/2005	48.267.594
31/03/2005	49.123.723
30/04/2005	46.770.912
31/05/2005	46.572.405
30/06/2005	45.879.145
31/07/2005	45.096.423
31/08/2005	44.246.291
30/09/2005	43.331.933
31/10/2005	43.373.247
30/11/2005	42.374.836
31/12/2005	252.182.352
	<u>6,4612%</u>

Anexo 3.11 - Ajustes en la provisión matemática

Fecha	Sin ajuste	Primer ajuste	Segundo ajuste
31/12/2002	-1.385.077.603	-1.367.157.001	-1.368.192.512
31/01/2003	18.852.116	18.852.116	18.852.116
28/02/2003	20.085.211	20.085.211	20.085.211
31/03/2003	22.587.721	22.587.721	22.587.721
30/04/2003	24.425.995	24.425.995	24.425.995
31/05/2003	27.673.598	27.673.598	27.673.598
30/06/2003	27.597.927	27.597.927	27.597.927
31/07/2003	28.008.827	28.008.827	28.008.827
31/08/2003	29.701.680	29.701.680	29.701.680
30/09/2003	29.579.715	29.579.715	29.579.715
31/10/2003	30.657.638	30.657.638	30.657.638
30/11/2003	31.808.394	31.808.394	31.808.394
31/12/2003	31.638.991	31.638.991	31.638.991
31/01/2004	32.709.237	32.709.237	32.709.237
29/02/2004	34.428.056	34.428.056	34.428.056
31/03/2004	36.197.002	36.197.002	36.197.002
30/04/2004	37.322.128	37.322.128	37.322.128
31/05/2004	39.868.180	39.868.180	39.868.180
30/06/2004	40.678.221	40.678.221	40.678.221
31/07/2004	40.824.821	40.824.821	40.824.821
31/08/2004	41.930.027	41.930.027	41.930.027
30/09/2004	42.264.862	42.264.862	42.264.862
31/10/2004	43.983.881	43.983.881	43.983.881
30/11/2004	44.133.236	44.133.236	44.133.236
31/12/2004	45.962.848	45.962.848	45.962.848
31/01/2005	46.949.499	46.949.499	46.949.499
28/02/2005	48.267.594	48.267.594	48.267.594
31/03/2005	49.123.723	49.123.723	49.123.723
30/04/2005	46.770.912	46.770.912	46.770.912
31/05/2005	46.572.405	46.572.405	46.572.405
30/06/2005	45.879.145	45.879.145	45.879.145
31/07/2005	45.096.423	45.096.423	45.096.423
31/08/2005	44.246.291	44.246.291	44.246.291
30/09/2005	43.331.933	43.331.933	43.331.933
31/10/2005	43.373.247	43.373.247	43.373.247
30/11/2005	42.374.836	42.374.836	42.374.836
31/12/2005	252.182.352	252.182.352	252.182.352
	6,4612%	7,2163%	7,1721%

4 INMUNIZACIÓN POR DURACIONES

1. INTRODUCCIÓN

Es otro sistema de inmunización del riesgo de tipo de interés.

Con este sistema se pretende que exista una equivalencia permanente entre los valores actuales de activos y pasivos aunque se produzcan variaciones del tipo de interés.

El planteamiento de la corriente de flujos, en particular de los flujos de cobro, varía respecto al casamiento de flujos. Mientras que allí se pretendía una cierta coincidencia, en fechas y cuantías, con los flujos de pago, aquí se intenta buscar una combinación de varios flujos de cobro, estratégicamente ubicados, de forma que la sensibilidad de su valor actual ante las variaciones de los tipos de interés compense a la variación experimentada por el valor actual de los flujos de pago.

En el capítulo 2 se analizaron la duración financiera corregida y la convexidad como instrumentos de medida de la sensibilidad del valor actual de una corriente de flujos (de cobro o pago) ante variaciones del tipo de interés. En el presente capítulo se estudia su implementación para la inmunización conjunta de una cartera de activos y pasivos, así como técnicas alternativas como el análisis por escenarios.

A diferencia del casamiento de flujos este método de inmunización requiere una gestión activa que reajuste, con la mayor antelación posible, las desviaciones que puedan generarse a causa de la evolución del mercado.

Al igual que en el casamiento de flujos, el riesgo de crédito se controla mediante la exigencia de un rating mínimo y la aplicación de coeficientes reductores en el tipo de interés de cálculo de la provisión.

2. RESEÑA HISTÓRICA: PLANTEAMIENTO INICIAL DE REDINGTON

Originariamente fue Redington, en 1952, quién acuñó el término inmunización de riesgos de entidades aseguradoras para referirse a las técnicas destinadas a protegerse de los efectos negativos de las variaciones de los tipos de interés.

Su planteamiento inicial establece tres condiciones:

1. Que, inicialmente, el valor actual de los activos sea igual al valor actual de los pasivos.
2. Que la duración financiera de los cobros sea igual a la duración financiera de los pagos.
3. Que la dispersión de los cobros sea superior a la dispersión de los pagos. Si los plazos correspondientes a los vencimientos de los diferentes flujos de cobro o pago se consideran como una variable estadística, la duración financiera no es más que la media de dicha variable⁸⁸. Redington analiza la dispersión de la variable, que es otra forma de estudiar la convexidad. Puede concluirse que cuanto mayor es la dispersión de los plazos respecto a la duración financiera, mayor es la convexidad. Por tanto, otra forma en la que puede ser enunciada esta condición es que la convexidad de los cobros sea superior a la convexidad de los pagos.

Ante un incremento de los tipos de interés, el nuevo valor actual de los cobros será superior al de los pagos, pues la disminución de aquél será inferior a la de éste. Igualmente, ante una disminución de los tipos de interés, el nuevo valor actual de los cobros también será superior al de los pagos, pues el incremento de aquél será superior al de éste.

En el Gráfico 4.1 pueden fácilmente apreciarse los efectos anteriores.

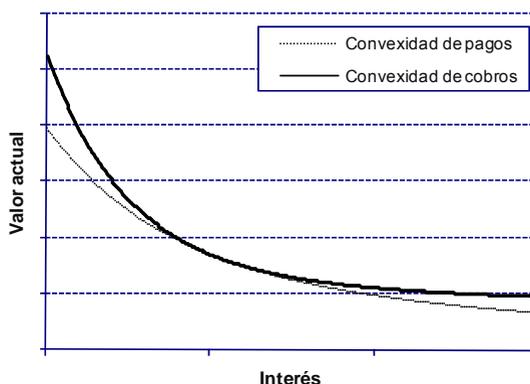


Gráfico 4.1 – Diferencial de convexidades

No obstante, las conclusiones anteriores hay que aceptarlas sin perder de vista que la inmunización por duraciones requiere una gestión activa y dinámica. Es decir, toda variación de los tipos de interés genera un beneficio pero altera el cumplimiento de las condiciones de partida⁸⁹. Por tanto, habrá que adoptar

⁸⁸ Media ponderada por el importe de los flujos actualizados correspondientes a cada plazo.

⁸⁹ Se pierde la coincidencia de los valores actuales y las duraciones de cobros y pagos.

medidas para revertir a la situación inicial y garantizar que una nueva variación de los tipos de interés no introduce pérdidas.

La principal limitación a la inmunización basada en la duración financiera y la convexidad (o dispersión) es que asume que las variaciones de la curva de tipos de interés son paralelas, hipótesis no respaldada por el mercado. Puede controlarse de varias formas.

En primer lugar, utilizando derivadas parciales. El valor actual depende de tantos tipos de interés como flujos correspondan a diferentes plazos. La operación se divide en tramos, para cada uno de los cuales se analiza la sensibilidad del valor actual ante variaciones del interés a partir de la duración (primera derivada parcial) y la convexidad (segunda derivada parcial). Si las duraciones y las convexidades de los activos y pasivos en todos y cada uno de los tramos son similares, se puede entender que existe inmunización ante variaciones del interés.

Los inconvenientes principales de este método son la complejidad⁹⁰ y la hipótesis de variaciones paralelas del tipo de interés dentro de cada tramo⁹¹.

En segundo lugar, aprovechando la facilidad de cálculo directo del valor actual real de cobros y pagos, realizar un análisis de sensibilidad que garantice la equivalencia de las variaciones de activos y pasivos ante distintos escenarios de agitación del tipo de interés.

3. FLUJOS DE PAGO

3.1. Régimen general

El régimen descrito en el capítulo 3 para el sistema de casamiento de flujos es igualmente aplicable al sistema de inmunización por duraciones.

3.2. Cola de flujos

Como particularidad⁹² interesa desarrollar el régimen aplicable a los flujos de pago cuando se extienden a un período superior al último plazo considerado en la curva de interés.

⁹⁰ No tanto complejidad de cálculo sino de obtención de las respectivas equivalencias en cada uno de los tramos.

⁹¹ Este problema será tanto menor cuanto mayor sea la tramificación realizada.

⁹² La normativa española prevé una segunda particularidad en los flujos de pago aplicables al sistema de inmunización por duraciones. A diferencia del casamiento de flujos, se admite la consideración de tasas de rescate en la estimación de los flujos de pago. No obstante, y al igual que en el sistema de casamiento por flujos, no es admisible la consideración de hipótesis de rescate en el cálculo de la provisión matemática.

Pueden plantearse dos tratamientos.

El primero supondría mantener los flujos en los plazos a los que corresponden, pero efectuar una extrapolación de la curva de interés. Normalmente dicha extrapolación se realiza manteniendo constante el interés correspondiente al último plazo disponible, lo que añade un cierto margen de prudencia. También sería razonable extrapolar la curva considerando un ligero crecimiento⁹³.

Se muestra con un sencillo ejemplo de flujos de pago por importe constante de 7 u.m. durante quince años. La hipótesis A considera extrapolación constante y la hipótesis B extrapolación creciente al 0,01%. Los resultados se reflejan en la Tabla 4.1.

Año	Flujo	Hipótesis A	Hipótesis B
1	7,00	4,58%	4,58%
2	7,00	4,68%	4,68%
3	7,00	4,78%	4,78%
4	7,00	4,88%	4,88%
5	7,00	4,99%	4,99%
6	7,00	5,10%	5,10%
7	7,00	5,21%	5,21%
8	7,00	5,31%	5,31%
9	7,00	5,40%	5,40%
10	7,00	5,46%	5,46%
11	7,00	5,46%	5,47%
12	7,00	5,46%	5,48%
13	7,00	5,46%	5,49%
14	7,00	5,46%	5,50%
15	7,00	5,46%	5,51%
		6,9915	6,9853

Tabla 4.1- Extrapolación de la curva

La duración es ligeramente inferior en la hipótesis B a causa del crecimiento considerado en la extrapolación de la curva.

El segundo consistiría en agregar los flujos de pago en un último flujo⁹⁴. Los dos tratamientos más usuales son efectuar la agregación por actualización a un tipo del 0% (suma simple), o calcular el valor actual a un tipo de interés prudente como el interés máximo legal.

⁹³ Véase capítulo 5.

⁹⁴ Resultan aquí aplicables las consideraciones efectuadas respecto a la misma cuestión en el capítulo 3 para el sistema de casamiento de flujos.

Se han agregado los flujos correspondientes a los cinco últimos años. La hipótesis C considera la suma simple y la hipótesis D el valor actual al 3%. Los resultados se muestran en la Tabla 4.2.

Año	Interés	Hipótesis C	Hipótesis D
1	4,58%	7,00	7,00
2	4,68%	7,00	7,00
3	4,78%	7,00	7,00
4	4,88%	7,00	7,00
5	4,99%	7,00	7,00
6	5,10%	7,00	7,00
7	5,21%	7,00	7,00
8	5,31%	7,00	7,00
9	5,40%	7,00	7,00
10	5,46%	42,00	39,06
		6,4265	6,3412

Tabla 4.2- Agrupación de flujos

Las duraciones financieras se reducen significativamente (algo más de medio año) a causa de la agregación. Mediante este criterio será más fácil alcanzar una equivalencia de las duraciones de activos y pasivos⁹⁵. No obstante, como contrapartida, se exigirá un margen más elevado⁹⁶.

Técnicamente es más exacta la no agregación de los flujos pues la distorsión generada en la duración financiera, que siempre existirá, será menor.

3.3. Ejemplo

En el Anexo 4.1 se reflejan los flujos de pago derivados de una determinada póliza de seguro.

El último flujo de pago (31-12-2033) es más elevado pues agrupa todos los flujos posteriores. Se ha considerado la suma simple de la cola de pagos.

La inmunización se efectúa a fecha 31-12-2003.

Por simplificación se van a considerar cortes anuales⁹⁷.

⁹⁵ Suponiendo que, como ocurre en general, la duración inicial de los pasivos es superior a la de los activos.

⁹⁶ El valor de los activos deberá ser en todo momento superior al valor de los pasivos. El incremento de éste por la utilización de una tasa prudente generará un margen adicional.

⁹⁷ No obstante, al igual que ocurría en el sistema de casamiento de flujos, sería conveniente considerar plazos más reducidos, por ejemplo mensuales, pudiéndose utilizar simplificaciones similares a las analizadas para dicho sistema.

4. FLUJOS DE COBRO

4.1. Régimen general

Se aplica idéntico régimen al descrito en el capítulo 3 en relación al sistema de casamiento de flujos.

4.2. Renta variable

a) Introducción

En el sistema de casamiento de flujos no se prevé la realización anticipada de las inversiones asignadas. Es decir, serán los propios flujos de cobro estimados los que deberán, a medida que se obtienen, afrontar la cobertura de los compromisos asumidos. De esta forma, el sistema pretende replicar o anticipar el comportamiento real futuro de la corriente de cobros y pagos⁹⁸.

En el sistema de inmunización por duraciones el planteamiento varía. Aunque también se consideran los flujos de cobro derivados de las inversiones en la fecha y cuantía previstas, los flujos de pago asumidos se afrontarán, en gran medida, mediante la realización anticipada de las inversiones. De ahí que adquiera relevancia la validación del sistema bajo criterios de mercado.

Bajo esta premisa puede plantearse la posibilidad de admitir la utilización de activos de renta variable. Es decir, aunque se trate de activos que no generan flujos ciertos al margen del riesgo de crédito, podría tener cabida su utilización en un sistema donde el parámetro determinante es el valor de mercado siempre que pueda ser estimado con fiabilidad o prudencia.

La estructura de cobros y pagos debe segregarse en dos componentes:

- Por un lado, los activos de renta variable así como los flujos de pago que se pretendan financiar con tales activos. Los flujos de cobro derivados de tales activos no pueden estimarse con fiabilidad por lo que no sería apropiado analizar su sensibilidad a variaciones del tipo de interés utilizando la duración corregida u otras medidas de sensibilidad. La inmunización se realiza en base a los criterios especiales que se analizan en el presente apartado.
- Por otro lado, los flujos de cobro derivados de inversiones diferentes de la renta variable así como el resto de flujos de pago. La inmunización se realiza en base al régimen general, según se describe en los siguientes apartados del capítulo.

⁹⁸ El ejercicio del derecho de rescate puede generar distorsiones que se controlan bajo criterios de prudencia y con revisión trimestral del cumplimiento de los requisitos de la inmunización.

b) *Fundamento financiero*

La entidad aseguradora deberá determinar en primer lugar los compromisos de pago que pretende financiar con la compra de acciones. Se trata de establecer un sistema que permita garantizar, con un grado de fiabilidad razonable, que el valor de las acciones adquiridas será suficiente para cubrir los compromisos futuros al vencimiento de éstos.

Un principio financiero generalmente aceptado establece que la rentabilidad de la inversión a largo plazo en renta variable es superior a la rentabilidad de la renta fija. El riesgo que asume el inversor de renta variable es superior al asumido por el inversor de renta fija, de ahí que se deba exigir una rentabilidad también superior. Desde un punto de vista empresarial el coste del capital propio (rentabilidad exigida por el accionista, inversor de renta variable) debe ser superior al coste del capital ajeno (rentabilidad exigida por el obligacionista, inversor de renta fija). No obstante, lo anterior sólo es aplicable cuando la inversión se efectúa con propósitos de permanencia, en un horizonte a largo plazo. En inversiones especulativas la conclusión anterior no es defendible en términos de racionalidad financiera.

c) *Plazo*

Según se ha expuesto, el principio anterior solo resulta sostenible cuando los compromisos de pago que se pretenden financiar con los activos de renta variable se originan en un horizonte temporal a largo plazo⁹⁹.

A las adquisiciones posteriores de activos de renta variable debe igualmente aplicarse el citado límite temporal.

d) *Rentabilidad*

Una vez determinados los compromisos de pago que se pretenden financiar con activos de renta variable bastará con calcular su valor actual al momento inicial para conocer el volumen de acciones que será necesario adquirir para su cobertura.

$$RV = FP \cdot (1 + i)^{-n}$$

Donde:

FP: Flujo de pago

n: Vencimiento del flujo de pago

i: Tasa de interés correspondiente al vencimiento del flujo de pago

RV: Valor de compra de activos de renta variable (incógnita)

⁹⁹ La normativa española fija un mínimo de diez años.

La variable principal en dicho proceso es la tasa de descuento. Refleja la rentabilidad media esperada por la entidad aseguradora de las acciones desde su adquisición hasta el momento en que deban afrontarse los compromisos de pago.

Por motivos de prudencia puede fijarse una tasa igual al interés libre de riesgo correspondiente al plazo de vencimiento de los pasivos, vigente en el momento de la adquisición. De esta forma, aunque las acciones solo generasen una rentabilidad igual al interés libre de riesgo su valor sería suficiente para afrontar los compromisos de pago. No obstante, al tratarse de una inversión con riesgo de crédito presumiblemente se va a generar una rentabilidad superior a la rentabilidad de la deuda pública. El diferencial muestra el margen de prudencia.

Conviene insistir que el sistema no pretende replicar en cada momento el valor de las acciones pues considera un crecimiento exponencial en función de la rentabilidad de la deuda pública mientras que las oscilaciones de mercado de la renta variable muestran un mayor grado de volatilidad. Se busca estimar el comportamiento del valor a largo plazo a partir de su tendencia media.

El Gráfico 4.2 representa la idea anterior.



Gráfico 4.2 – Evolución estimada del valor de las acciones

Si se pretende cubrir con acciones varios flujos de pago correspondientes a diferentes vencimientos se repetirá el proceso obteniéndose el valor de compra total a partir de la suma de los diferentes valores de compra individuales¹⁰⁰.

e) *Riesgo*¹⁰¹

El comportamiento de las pérdidas por riesgo de crédito presenta una asimetría muy pronunciada derivada no tanto de la variación del rating como de la

¹⁰⁰ La normativa española prevé un sistema simplificado que sustituye las diferentes tasas correspondientes a cada uno de los vencimientos por una única tasa media ponderada por vencimientos e importes.

¹⁰¹ Incorpora riesgos de crédito y liquidez (véase apartado 6.2.b).

posibilidad de insolvencia. Una entidad que está al borde de la quiebra podría prometer una rentabilidad elevadísima que supuestamente compense al inversor del gran riesgo de crédito asumido. Aunque la expresión anterior también ofrece en tal caso un valor de compra de las acciones, no recoge la elevada probabilidad de pérdidas por riesgo de insolvencia. De esta forma, para que la máxima financiera anteriormente enunciada sea aceptable surge un nuevo condicionante: que el riesgo de crédito sea limitado.

Siguiendo las tendencias internacionales puede concretarse en la fijación de un rating mínimo BBB.

El tipo de interés de cálculo de la provisión matemática se obtendrá mediante una metodología parecida a la descrita para el sistema de casamiento de flujos, aplicando coeficientes reductores a la TIR del activo en función de su calificación crediticia¹⁰². Puesto que se supone que el activo va a generar una rentabilidad igual a la correspondiente a la inversión libre de riesgo, se aplicará el coeficiente reductor previsto para el rating AAA¹⁰³.

f) Liquidez

Si hay que hacer frente al pago de los compromisos asumidos mediante la venta anticipada de las acciones es necesaria su liquidez a precio de mercado¹⁰⁴.

La forma habitual de garantizarlo es exigir la negociación efectiva de los activos en mercados regulados, estableciendo un número mínimo de días¹⁰⁵.

g) Análisis de suficiencia

Aunque el sistema en el que se sustenta la utilización de activos de renta variable en la inmunización del riesgo de interés goza de fortaleza financiera está supeditado a los vaivenes del mercado para activos de esta naturaleza, que en épocas de alta volatilidad pueden adquirir gran relevancia.

¹⁰² El apartado 6 analiza con detalle la metodología de cálculo.

¹⁰³ Podría discutirse este tratamiento para las acciones con rating inferior a AAA. Son activos que tienen más riesgo de crédito que la deuda pública por lo que deberían ofrecer una rentabilidad mayor a los inversores. Desde un punto de vista técnico el planteamiento adecuado sería imputar una rentabilidad superior al interés libre de riesgo y aplicar un coeficiente más reductor. No obstante, el resultado de dicho producto debería aproximarse al resultado de multiplicar el interés libre de riesgo y un coeficiente menos reductor, el aplicable a activos con rating AAA. Dicha circunstancia justifica el método simplificado previsto en la normativa española para las acciones.

¹⁰⁴ El concepto de mercado regulado se define por la Directiva 93/22 CEE, de 10 de mayo, que establece una lista a tales efectos.

¹⁰⁵ En España se concreta en la negociación como mínimo del 80% de los días hábiles del último trimestre.

Por dicho motivo deben establecerse cautelas adicionales. Cuando se acerca el vencimiento de los compromisos de pago que se pretenden financiar con la renta variable conviene realizar un análisis de suficiencia por comparación del valor de mercado de las acciones y el valor actual de tales pagos. En caso de insuficiencia debe procederse a asignar nuevos activos¹⁰⁶.

h) Volumen

Otra de las cautelas es la limitación del peso de los activos de renta variable en la cartera global de inversiones asignada a la inmunización. El límite que se establezca deberá aplicarse tanto a la adquisición inicial de activos de renta variable como a las posteriores que se pudieran producir. No obstante, puede preverse un límite mayor para el incremento sobrevenido de la proporción por el mero paso del tiempo¹⁰⁷.

i) Diversificación

Mediante la diversificación se puede reducir o minimizar el riesgo específico¹⁰⁸ de los valores. El criterio de diversificación puede variar¹⁰⁹.

j) Reinversión

Tal y como se ha expuesto, siempre que el precio de la cartera de acciones experimente un crecimiento al menos igual a la rentabilidad de la deuda pública su valor de mercado permitirá afrontar los compromisos asumidos mediante la venta anticipada. No obstante, las acciones pueden generar con anterioridad otros flujos de cobro tales como dividendos o la venta de derechos preferentes de suscripción. Puesto que esos componentes explícitos también forman parte de la rentabilidad imputada de las acciones deberán igualmente asignarse a la operación inmunizada.

¹⁰⁶ En España se realiza un análisis de suficiencia global, no solo del componente de la renta variable, comparándose el valor de las inversiones asignadas (valor contable para los activos de la renta fija y valor de mercado para los activos de renta variable) con la provisión matemática. Comienza cuando faltan cinco años para el vencimiento de los flujos de pago que se financian con la renta variable. Cuando aparezca insuficiencia deberá procederse a la asignación de nuevas inversiones libres, válidas, diferentes de renta variable, y proporcional a los años pendientes hasta el momento previsto para el pago (una quinta parte de la insuficiencia cuando faltan cinco años, una cuarta parte cuando faltan cuatro años, una tercera parte cuando faltan tres años, la mitad cuando faltan dos años, y todo cuando falta un año).

¹⁰⁷ En España se limita el volumen de la renta variable al 25% de la provisión inicial. No obstante, si los activos de renta variable deben financiar compromisos a largo plazo (diez años o más), por el mero paso del tiempo vencerán en primer lugar los pasivos a corto plazo, lo que reducirá el denominador e incrementará el ratio. De ahí que se prevea un segundo límite del 50% respecto al peso de la renta variable sobre la provisión en cualquier momento.

¹⁰⁸ El riesgo específico, frente al sistemático, es el único que puede ser objeto de diversificación.

¹⁰⁹ La normativa española prevé diversificación por emisores y por sectores de actividad, aunque no concreta el grado de la misma.

4.3. Ejemplo

Vamos a considerar una cartera de inversiones con la siguiente composición:

Activo 1:

- Cupón periódico
- Fecha de adquisición: 31-12-1999
- Valor de compra: 95% (valor nominal: 1.000.000 u.m.)
- Valor de reembolso: a la par
- Vencimiento: 31-12-2018
- Cupón: 6% anual pagadero anualmente
- Rating: BBB

Activo 2:

- Cupón cero
- Fecha de adquisición: 31-12-2002
- Valor de compra: 640.000 u.m.
- Valor de reembolso: 1.100.000 u.m.
- Vencimiento: 31-12-2015
- Rating: A

Activo 3:

- Cupón periódico
- Fecha de adquisición: 31-12-2001
- Valor de compra: 105,33% (valor nominal: 1.500.000 u.m.)
- Valor de reembolso: a la par
- Vencimiento: 31-12-2022
- Cupón: 6,25% anual pagadero anualmente
- Rating: AA

Los flujos de cobro se muestran en el Anexo 4.2.

5. REQUISITOS DE LA INMUNIZACIÓN

5.1. Ámbito de aplicación

Según se indicó en el apartado anterior se excluirán los activos de renta variable así como los compromisos de pago que éstos pretenden cubrir, a los que resultarán aplicables requisitos específicos. Por tanto, únicamente se deberán considerar el resto de flujos de cobro y pago en la verificación de los requisitos que ahora se analizan.

5.2. Curva de interés

La verificación de los requisitos debe realizarse según condiciones de mercado, lo que no significa que se proceda a realizar un análisis de los respectivos

valores de mercado de activos y pasivos. Puesto que se pretende inmunizar el riesgo de interés no procede la inclusión de diferenciales por riesgo de crédito u otros riesgos en el proceso de verificación de los requisitos de la inmunización.

Debe considerarse como ETTI una curva cupón cero.

Deberá ser continua y no escalonada, por lo que si existieran tramos planos deberían corregirse mediante interpolación. En principio podría considerarse aceptable la interpolación lineal¹¹⁰.

Y, según lo expuesto, se utilizará una curva de interés de mercado sin riesgo. Pueden citarse como referencias más habituales la curva de deuda pública o la curva euroswap. La primera, como establece su propia denominación, refleja el interés sin riesgo de la deuda pública. La segunda muestra el interés de menor riesgo de la deuda privada, pues deriva de operaciones de permuta financiera o intercambio de flujos en las que, si no existe financiación en ningún sentido, el riesgo de crédito es mínimo¹¹¹.

Se utilizará la misma curva para la actualización de los flujos de cobro y pago.

5.3. Requisitos

Deberán cumplirse simultáneamente tres requisitos.

a) Requisito 1. Viabilidad global de la operación

El valor actual de los flujos de cobro derivados de las inversiones debe ser, en todo momento, igual o superior al valor actual de los compromisos asumidos. Es inapropiada la asimilación de este requisito a la exigencia de superávit en un hipotético estado de cobertura de provisiones técnicas específico para la operación inmunizada. Por la parte del activo, el valor actual de los flujos de cobro no coincide con su valor de mercado puesto que se ha utilizado una curva de interés sin riesgo. Por igual motivo también en la parte de los pasivos la provisión matemática¹¹² discrepa del valor actual de los pagos¹¹³.

¹¹⁰ Es habitual utilizar interpolación exponencial para factores de descuento e interpolación lineal para tipos de interés.

¹¹¹ No porque sea mínima la probabilidad de insolvencia sino porque el saldo pendiente en el momento de la contingencia será reducido o nulo.

¹¹² O, más exactamente, la provisión matemática a cubrir.

¹¹³ Otro motivo que explica discrepancias entre ambas magnitudes es la consideración de hipótesis de rescate. Aunque los flujos de pago estimados en la verificación de los requisitos de la inmunización admita tales hipótesis, no suele ocurrir lo mismo en el proceso de cálculo de la provisión matemática por motivos de prudencia. No obstante, en el marco de Solvencia 2 se prevé la inclusión de hipótesis de rescate en la valoración de la provisión matemática por lo que las discrepancias anteriores desaparecen.

b) Requisito 2. Equivalencia de duraciones corregidas

La duración financiera corregida mide la sensibilidad del valor actual de una corriente de flujos ante variaciones unitarias del tipo de interés. Cuando las duraciones corregidas de activos y pasivos son equivalentes se garantiza que, ante perturbaciones de la curva de tipos de interés, las modificaciones que se producirán en sus respectivos valores se verán compensadas entre sí.

También se minimiza el riesgo de reinversión.

El cálculo de las duraciones no se realizará utilizando el interés inicial sino el interés de mercado vigente de cada momento. Se trata de salvaguardar la viabilidad de la operación ante cualquier variación del actual interés de mercado.

El margen apropiado de equivalencia depende de diversos factores como el escenario de tipos de interés o su volatilidad¹¹⁴.

Podría inicialmente pensarse que cuando exista una coincidencia exacta de las duraciones corregidas de los activos y pasivos la entidad está inmunizada ante cualquier variación del interés de mercado. Dicha afirmación sólo es correcta cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- Que la curva de interés sea plana.
- Que se produzca una variación paralela de la curva de interés. En caso contrario, los flujos de cobro y pago pueden verse desigualmente afectados. Por ejemplo, si varía solamente un tramo de la curva de interés, el valor actual de los cobros y pagos se verá afectado según el volumen de flujos que se produzcan en dicho tramo, que no tiene por qué ser similar en cobros y pagos.
- Que la variación del interés sea infinitesimal. La función que relaciona al valor actual de los activos y pasivos con el tipo de interés no es lineal sino convexa. Por tanto, ante incrementos del tipo de interés el valor disminuye en menor proporción, y ante disminuciones del interés los valores incrementan más que proporcionalmente. De esta forma, el valor proporcionado a través de la duración corregida es una aproximación aceptable sólo cuando se trate de pequeñas variaciones del tipo de interés.

Es relativamente habitual incurrir en el error de omitir la primera condición anterior. La duración financiera corregida considera un único tipo de interés, omitiendo toda discriminación según el plazo. Por tanto, simplifica mediante la sustitución de la curva cupón cero por su TIR equivalente. Debe pues interpretarse que la duración corregida mide la variación del valor actual del

¹¹⁴ El sistema vigente en España entiende cumplida la equivalencia cuando el cociente de la duración corregida de activos y la duración corregida de pasivos está entre 0,8 y 1,2 (equivalencia relativa del 20 por cien).

activo o pasivo ante variaciones unitarias de su TIR. Sin embargo, para que coincidan las variaciones de las TIR del activo y pasivo y sean equivalentes a la variación de la curva cupón cero de interés de mercado es necesario que las corrientes de flujos coincidan exactamente en tiempo y cuantía¹¹⁵ lo que en definitiva hace innecesaria la adopción de una estrategia de inmunización que, por definición, es perfecta.

c) *Requisito 3. Equivalencia de sensibilidades*

La solución técnica apropiada para obtener estimaciones adecuadas aunque se produzcan variaciones no infinitesimales del tipo de interés supone incorporar la convexidad. Si, como es habitual, sólo se considera la segunda derivada la estimación obtenida es aceptable aunque aproximada.

Para controlar la estructura no plana de la curva de interés y sus variaciones no paralelas se debe efectuar un análisis de equivalencia de sensibilidades por tramos de la curva, lo que matemáticamente requiere el cálculo de derivadas parciales.

Otra forma de controlar los riesgos anteriores consiste en efectuar un análisis de escenarios de variación de la curva de interés de mercado¹¹⁶.

Deben definirse diversos escenarios de variación de la curva de interés de mercado¹¹⁷ y analizarse en cada uno de ellos la equivalencia entre las variaciones de activos y pasivos.

Aunque debe ser la entidad aseguradora quién defina los escenarios de análisis es conveniente que el supervisor provea unas pautas mínimas como la magnitud o el signo de la perturbación de la curva, la definición de los puntos de la curva especialmente sensibles, o la necesidad de realizar únicamente modificaciones parciales de la curva o también totales con diferente intensidad¹¹⁸.

¹¹⁵ Véase capítulo 2 apartado 1.1.

¹¹⁶ Es la vía utilizada en España.

¹¹⁷ Lógicamente escenarios de variación no paralela ni infinitesimal de la curva de interés, pues tales comportamientos ya están implícitamente controlados con el requisito de la equivalencia de duraciones corregidas de activo y pasivo.

¹¹⁸ La regulación española prevé los siguientes criterios:

- Se considerarán como puntos representativos los plazos correspondientes al primero y al último de los flujos y, al menos, dos puntos intermedios más de la curva, de forma que exista entre cada uno de ellos una distancia temporal de no menos de dos años. Cuando el plazo residual sea inferior a seis años bastará con considerar un punto intermedio. Y cuando dicho plazo sea igual o inferior a 4 años, bastará con analizar los extremos.
- Se analizan únicamente escenarios de variación parcial de la curva. Las perturbaciones se realizan en sólo un punto representativo de la curva, entendiéndose que se atenúan proporcionalmente a todos los puntos que se encuentren entre el considerado y el anterior y posterior punto representativo. De esta forma, en el punto representativo considerado se aplica la variación total del interés, en los puntos representativos

Respetando los mínimos previstos en la norma la definición de los puntos representativos debería valorar la magnitud de los flujos de cobro o pago en los diferentes plazos.

Parece conveniente estudiar variaciones positivas y negativas del interés.

El margen de equivalencia y su forma de medición nuevamente depende de diversos factores¹¹⁹. En el proceso de calibración deben considerarse, entre otros aspectos, que la magnitud de la perturbación es relevante únicamente cuando la equivalencia se mide de forma absoluta, o que un margen de equivalencia relativo excesivamente reducido hace inviable el sistema de inmunización por duraciones¹²⁰.

5.4. Ejemplo

En el Anexo 4.3 se refleja la curva cupón cero de interés de mercado sin riesgo vigente a 31-12-2003. Se ha considerado interpolación lineal para obtener los tipos intermedios.

a) Requisito 1. Viabilidad global de la operación

Se analiza en el Anexo 4.4.

El valor actual de los flujos de cobro supera al de los pagos en un importe de 177.331 u.m., lo que supone un 4,78%.

b) Requisito 2. Equivalencia de duraciones corregidas

Se analiza por fases:

- En primer lugar calculamos las duraciones financieras de activos y pasivos.

Se muestran en el Anexo 4.5.

anterior y posterior la variación de interés será nula, en los puntos intermedios la variación será proporcional, y el resto de la curva no varía.

- Se considera una variación en cada punto representativo de cien puntos básicos.

¹¹⁹ El sistema vigente en España entiende cumplida la equivalencia cuando el cociente entre la variación porcentual de los activos sobre la variación porcentual de los pasivos está entre 0,8 y 1,2 (equivalencia relativa del 20 por cien). No obstante, también se entiende cumplida la equivalencia cuando la diferencia entre las mismas magnitudes anteriores, en valor absoluto, es inferior a 0,001 (equivalencia absoluta del 0,1 por cien), ajustado cuando el número de años afectado por la perturbación del interés es inferior a 5.

¹²⁰ Sólo se cumplirán con los requisitos exigibles cuando exista una gran coincidencia en tiempo y cuantía de los flujos de cobro y pago lo que, en la práctica, permitiría acogerse al sistema de casamiento de flujos.

Resultan unas duraciones financieras de 12,22 y 11,81 años para pasivos y activos respectivamente.

- En segundo lugar calculamos sus respectivas TIR, que reflejan las tasas medias de los tipos de interés contenidos en la curva utilizada en función de los flujos de cobro y pago devengados y sus respectivos vencimientos. Se obtendrán por tanto comparando, en cada caso, los valores actuales a 31-12-2003 (con un signo) con los flujos correspondientes en sus respectivas fechas (con signo contrario).

Se muestran en Anexo 4.6.

Resultan tasas del 3,98% y 3,92% para pasivos y activos respectivamente.

- Finalmente se calculan las duraciones financieras corregidas. Simplemente habrá que dividir las duraciones financieras entre uno más sus respectivas tasas. Se mostrarán con signo negativo para reflejar la relación inversa entre valor actual y tipo de interés.

Se obtienen duraciones corregidas del -11,75% y -11,37% para pasivos y activos respectivamente. La diferencia absoluta entre las duraciones corregidas es del 0,384%. En términos relativos es del 96,73%¹²¹.

c) Requisito 3. Equivalencia de sensibilidades

Se va a realizar un análisis por escenarios considerando como puntos representativos los correspondientes a los flujos primero y último (31-12-2004 y 31-12-2033) así como tres puntos intermedios correspondientes a los mayores flujos de cobro (31-12-2015, 31-12-2018, 31-12-2022). Las perturbaciones afectan al punto representativo elegido y se atenúan proporcionalmente hasta los puntos representativos anterior y posterior. El resto de la curva no se modifica.

Por simplificación sólo se va a analizar la perturbación positiva de 100 puntos básicos en los respectivos puntos representativos. Se trata de una variación muy elevada en términos relativos aunque no improbable habida cuenta del escenario de bajos tipos de interés de partida que se están considerando.

En el Anexo 4.7 se reflejan las curvas de interés para cada uno de los cinco escenarios descritos.

En el Anexo 4.8 se representan gráficamente los escenarios.

En la Tabla 4.3 se muestran los resultados obtenidos:

¹²¹ Cumple el margen previsto en la normativa española del 20%.

	Escenario 1 31/12/2004	Escenario 2 31/12/2015	Escenario 3 31/12/2018	Escenario 4 31/12/2022	Escenario 5 31/12/2033
Variación VA	-31.246	-139.070	-108.063	-134.854	0
Cobros	-0,80%	-3,58%	-2,78%	-3,47%	0,00%
Variación VA	45.243	88.530	52.899	114.094	107.865
Pagos	-1,22%	-2,39%	-1,43%	-3,08%	-2,91%
EQ Absoluta	0,42%	1,19%	1,35%	0,39%	2,91%
EQ Relativa	65,91%	149,92%	194,96%	112,80%	-

Tabla 4.3 – Requisito 3: Equivalencia de sensibilidades

Por ejemplo, cuando se perturba +100 puntos básicos el tipo cupón cero a 31-12-2018, atenuándose proporcionalmente la perturbación hasta hacerla nula en los puntos anterior y posterior (31-12-2015 y 31-12-2022), el valor actual de los activos disminuye 108.063 u.m. (2,78%) y el valor actual de los pasivos disminuye 52.899 u.m. (1,43%)¹²². En términos absolutos la diferencia entre ambas variaciones es un 1,35%. En términos relativos la diferencia se eleva al 194,96%.

Según los resultados obtenidos se puede concluir que el riesgo de tipo de interés no está adecuadamente inmunizado. Únicamente en el escenario 4 (31-12-2022) la sensibilidad ante la variación del tipo de interés de los activos se ve razonablemente compensada con una variación de signo contrario de los pasivos.

5.5. Variante del ejemplo: reestructuración

Ante esta situación la entidad aseguradora debe reestructurar su cartera de inversiones para alcanzar una inmunización adecuada del riesgo de tipo de interés.

Se decide mantener en la cartera el activo 2 y vender los activos 1 y 3. El precio de venta (3.100.000 u.m.) es reinvertido en la compra de los siguientes activos:

Activo 4:

- Cupones irregulares
- Fecha de adquisición: 31-12-2003
- Valor de compra: 2.700.000 u.m.
- Vencimiento: 31-12-2022
- Rating: A

Activo 5:

- Cupón cero
- Fecha de adquisición: 31-12-2003

¹²² Hay que tener en cuenta que aunque el cuadro refleje una variación positiva del valor actual de los pagos, al haberse considerado éstos negativos, supone una reducción de los pagos.

- Valor de compra: 400.000 u.m.
- Valor de reembolso: 1.400.000 u.m.
- Vencimiento: 31-12-2033
- Rating: AA

Los flujos de cobro se muestran en el Anexo 4.9.

a) Requisito 1. Viabilidad global de la operación

Según se refleja en el Anexo 4.10 el valor actual de los nuevos flujos de cobro sigue siendo superior al valor actual de los pagos, con un superávit de 190.222 u.m., equivalente al 5,13%.

b) Requisito 2. Equivalencia de duraciones corregidas

En el propio Anexo 4.10 se calcula la duración financiera y la TIR de los nuevos flujos de cobro (10,67 años y 3,94% respectivamente). La duración financiera corregida es del -10,26%.

La diferencia absoluta entre las duraciones corregidas incrementa al 1,49%. En términos relativos es del 87,32%¹²³.

c) Requisito 3. Equivalencia de sensibilidades

Los nuevos flujos de cobro están prácticamente ubicados en los puntos considerados como representativos para la definición de los escenarios de perturbación de la curva de tipos de interés. Por tanto, no existe motivo aparente para modificar los escenarios de análisis.

Se obtienen los resultados de la Tabla 4.4:

	Escenario 1 31/12/2004	Escenario 2 31/12/2015	Escenario 3 31/12/2018	Escenario 4 31/12/2022	Escenario 5 31/12/2033
Variación	-38.581	-83.236	-44.491	-100.892	-98.527
VA Cobros	-0,99%	-2,14%	-1,14%	-2,59%	-2,53%
Variación	45.243	88.530	52.899	114.094	107.865
VA Pagos	-1,22%	-2,39%	-1,43%	-3,08%	-2,91%
EQ Absoluta	0,23%	0,25%	0,29%	0,49%	0,38%
EQ Relativa	81,11%	89,43%	80,00%	84,11%	86,89%

Tabla 4.4 – Requisito 3 (después de la reestructuración)

Se observa que en todos los escenarios la sensibilidad ante la variación del tipo de interés de los activos se ve razonablemente compensada con una variación de signo contrario de los pasivos. La equivalencia relativa no traspasa el límite del 80%.

¹²³ Cumple el margen previsto en la normativa española del 20%.

6. TIPO DE INTERÉS Y PROVISIÓN MATEMÁTICA

6.1. Criterios de valoración

Deben aplicarse aquí idénticas consideraciones a las expuestas en el sistema de casamiento de flujos¹²⁴.

6.2. Tipo de interés y provisión matemática

Una vez verificado el cumplimiento de los requisitos de la inmunización se deberá obtener el tipo de interés de cálculo de la provisión matemática. Al igual que ocurría en el casamiento de flujos el tipo de interés de cálculo de la provisión se halla en función de la rentabilidad de las inversiones asignadas, resultando inferior a ella.

Diferenciamos las mismas fases del sistema de casamiento de flujos:

- FASE 1: TIR de cada activo asignado.
- FASE 2: TIR reducida de cada activo asignado.
- FASE 3: Valor actual de cada activo asignado a la TIR reducida.
- FASE 4: Tipo implícito de cálculo de la provisión.
- FASE 5: Provisión matemática.

a) FASE 1. TIR de cada activo asignado

Se aplica idéntica metodología a la descrita para el casamiento de flujos¹²⁵.

Como particularidad, si se han asignado títulos de renta variable, su TIR será la rentabilidad de la deuda pública de duración similar a los flujos de pago financiados¹²⁶.

b) FASE 2. TIR reducida de cada activo asignado

Si se considera que los coeficientes reductores pretenden medir únicamente el riesgo de crédito de los activos no parece que debieran aplicarse diferentes coeficientes a los previstos en el sistema de casamiento de flujos.

No obstante, hay una diferencia de relevancia entre ambos sistemas que debe ser considerada: el riesgo de liquidez.

¹²⁴ Capítulo 3 apartado 5.1.

¹²⁵ Véase capítulo 3 apartado 5.2 a).

¹²⁶ Deben recordarse en este punto las consideraciones realizadas en el apartado 4.2.

En el sistema de casamiento de flujos el riesgo de liquidez es mínimo ya que, cada vez que deba afrontarse un determinado compromiso de pago existirá un flujo de cobro disponible. Por el contrario, en el sistema de inmunización por duraciones la entidad debe realizar permanentemente una gestión activa de la cartera de inversiones (compra y venta de activos) que permita cumplir en todo momento con los márgenes establecidos. De esta forma, la liquidez de las inversiones es básica y no debe omitirse su consideración.

Los coeficientes reductores deben considerar junto al riesgo de crédito el riesgo de liquidez asumido. Los coeficientes aplicados en el sistema de inmunización por duraciones deben ser más reductores para incorporar al interés de cálculo de la provisión matemática el diferencial correspondiente al riesgo de liquidez¹²⁷.

Por lo demás, se aplica similar metodología¹²⁸.

Puesto que se ha imputado a los activos de renta variable una rentabilidad similar a la de la deuda pública se deberá aplicar el coeficiente reductor correspondiente al rating de los activos de dicha naturaleza.

c) FASE 3. Valor actual de cada activo asignado a la TIR reducida

Nuevamente es preciso efectuar una remisión a la metodología prevista en el sistema de casamiento de flujos¹²⁹. Refleja el valor estimado de un activo que genera unos flujos de caja similares pero que no tiene riesgos de crédito y liquidez.

En caso de activos de renta variable los flujos a considerar serán los flujos de pago que se pretenden financiar.

d) FASE 4. Tipo implícito de cálculo de la provisión

La metodología de cálculo del tipo de interés de la provisión matemática varía respecto al sistema de casamiento de flujos. Mientras que allí se comparaba el valor actual resultante de la FASE 3 con los flujos de pago ahora se compara con los flujos de cobro.

¹²⁷ Los coeficientes aplicados en la normativa española son 93% para activos del grupo 1 (rating AAA y AA), 90% para activos del grupo 2 (rating A), y 87% para activos del grupo 3 (rating BBB). Otros aspectos que, además del riesgo de liquidez, justifican los diferenciales respecto al sistema de casamiento de flujos son la admisión de hipótesis de rescate en la estimación de los flujos de pago, los márgenes de equivalencia establecidos, o motivos prudenciales. Al igual que ocurría con los coeficientes del sistema de casamiento de flujos están desactualizados.

¹²⁸ Véase capítulo 2 apartado 5.2.b).

¹²⁹ Véase capítulo 3 apartado 5.2.c).

Los requisitos previstos en el sistema de inmunización por duraciones garantizan una equivalencia de las duraciones de activos y pasivos por lo que el riesgo de reinversión se minimiza. De ahí que pierda relevancia la confrontación de cobros y pagos en la deducción de la tasa implícita considerándose adecuada la utilización de la TIR media reducida de las inversiones.

$$VA^* = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1+tasa)^i}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1+TIR_j^*)^i} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{FC_{ji}}{(1+tasa)^i}$$

Siendo:

FC_{ji} : Flujo de cobro derivado del activo j en el instante i
 n : Vencimiento del activo (de mayor vencimiento)
 m : Número de títulos que componen la cartera
 TIR_j^* : Tasa interna de rentabilidad reducida del activo j
 VA^* : Valor actual de la cartera
 $tasa$: Tasa de cálculo de la provisión matemática (incógnita)

Por tanto, a diferencia del sistema de casamiento de flujos, coincide el tipo implícito de cálculo de la provisión y la TIR media reducida de las inversiones.

Si únicamente se hubiera asignado un activo a la inmunización, el tipo de interés de cálculo de la provisión (FASE 4) sería la TIR de compra reducida por el coeficiente de riesgo de crédito (FASE 2).

e) FASE 5. Provisión matemática

Finalmente, la provisión matemática se obtendrá actualizando los flujos de pago al tipo de interés deducido en la FASE 4.

$$PM = \sum_{i=1}^s \frac{FP_i}{(1+tasa)^i}$$

Siendo:

s : Vencimiento de la operación de seguro
 FP_i : Flujo de pago derivado de la póliza en el instante i
 $tasa$: Tasa de cálculo de la provisión matemática
 PM : Provisión matemática (incógnita)

Por la metodología de cálculo descrita, a diferencia del sistema de casamiento de flujos, la provisión matemática resultante (FASE 5) no coincide con el valor actual de la cartera de activos a la TIR reducida (FASE 3).

6.3. Ejemplo

Suponiendo que los activos están clasificados en la cartera de préstamos y partidas a cobrar se considerará el valor de compra y la TIR de compra.

La TIR de compra del activo 2 se obtendrá a partir del Anexo 4.2. Las TIR de compra de los activos 4 y 5 se obtendrán a partir del Anexo 4.9. En la Tabla 4.5 se muestra la TIR (FASE 1) y la TIR reducida (FASE 2) de las inversiones.

	Activo 2	Activo 4	Activo 5
TIR	4,25%	4,28%	4,26%
Rating	A	A	AA
Coefficiente	90,00%	90,00%	93,00%
TIR reducida	3,83%	3,85%	3,96%

Tabla 4.5 - FASE 2: TIR reducida

El Anexo 4.11 refleja los valores actuales de las inversiones a las respectivas TIR reducidas (FASE 3). El valor actual total de la cartera de inversiones a la TIR reducida asciende a 3.923.845 u.m.

El tipo implícito de cálculo de la provisión (FASE 4), coincidente con la TIR media reducida de las inversiones en el sistema de inmunización por duraciones, asciende al 3,88%. Se muestra en el Anexo 4.12.

La provisión matemática (FASE 5) se obtendrá descontando los flujos de pago al anterior tipo implícito. Se refleja en el Anexo 4.13.

6.4. Ajustes por sobredotación de la provisión matemática

Tal y como se ha expuesto en la FASE 4, el tipo de interés de cálculo de la provisión matemática coincide con la TIR media reducida de las inversiones.

Por tanto, una excesiva asignación de inversiones al producto no conlleva un incremento directo en la provisión matemática. De esta forma, a diferencia del sistema de casamiento de flujos, no se hace necesario articular sistema de ajuste alguno.

6.5. Otros límites al interés de cálculo de la provisión

Además de los límites analizados en el sistema de casamiento de flujos¹³⁰ puede valorarse la posibilidad de incorporar como nuevo límite el tipo de interés garantizado¹³¹.

¹³⁰ Véase capítulo 3 apartado 5.4.

¹³¹ Así se ha previsto en la normativa española. La justificación debe encontrarse en aspectos similares a los descritos en la Nota 127.

7. INMUNIZACIÓN A PRIMA PERIÓDICA

7.1. Metodología

Se aplica el mismo régimen descrito en el sistema de casamiento de flujos respecto al tratamiento de los flujos¹³².

Como particularidad debe aludirse a la sistemática expuesta respecto al interés de cálculo de la provisión matemática.

7.2. Ejemplo

Suponiendo que los flujos reflejados en la Tabla 3.6 cumplen con los requisitos del sistema de inmunización por duraciones el tipo de interés de cálculo de la provisión matemática coincidirá con la TIR reducida de las inversiones (4,39%¹³³).

Por su parte, la provisión matemática se obtendrá como el valor actual de los flujos de pago netos de las primas futuras (36,18 u.m.).

Se muestra en la Tabla 4.6.

Año	Pagos	Primas	Pagos netos	Provisión
0				
1	31,00	34,46	-3,46	-3,31
2	35,05	31,50	3,55	3,26
3	41,22	0,00	41,22	36,24
				<u>36,18</u>

Tabla 4.6 - Ejemplo de seguro a prima periódica

8. VALORACIÓN DE INVERSIONES A EFECTOS DE SOLVENCIA

Son aplicables los mismos criterios expuestos en el sistema de casamiento de flujos¹³⁴.

Como particularidad puede apuntarse la posibilidad de establecer un régimen especial en cuanto a la deducción de las minusvalías en el estado de margen de solvencia por motivos prudenciales.

¹³² Véase capítulo 3 apartado 6.2.

¹³³ Si se aplican coeficientes reductores inferiores (más reductores) el tipo de interés de cálculo disminuye y la provisión incrementa.

¹³⁴ Véase capítulo 3 apartado 8.

Anexo 4.1 – Flujos de pago

Fecha	Pagos
31/12/2003	
31/12/2004	-227.117
31/12/2005	-225.674
31/12/2006	-225.086
31/12/2007	-225.630
31/12/2008	-223.850
31/12/2009	-222.648
31/12/2010	-222.163
31/12/2011	-222.770
31/12/2012	-216.196
31/12/2013	-217.591
31/12/2014	-210.240
31/12/2015	-210.953
31/12/2016	-201.692
31/12/2017	-199.280
31/12/2018	-198.364
31/12/2019	-198.044
31/12/2020	-197.003
31/12/2021	-195.651
31/12/2022	-194.767
31/12/2023	-197.809
31/12/2024	-189.912
31/12/2025	-192.648
31/12/2026	-187.033
31/12/2027	-189.959
31/12/2028	-184.384
31/12/2029	-181.261
31/12/2030	-178.339
31/12/2031	-176.998
31/12/2032	-175.946
31/12/2033	-523.578

Anexo 4.2 – Flujos de cobro

Fecha	Cobros Activo 1	Cobros Activo 2	Cobros Activo 3	Cobros Cartera
31/12/1999	-950.000			-950.000
31/12/2000	60.000			60.000
31/12/2001	60.000		-1.580.000	-1.520.000
31/12/2002	60.000	-640.000	93.750	-486.250
31/12/2003	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2004	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2005	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2006	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2007	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2008	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2009	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2010	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2011	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2012	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2013	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2014	60.000	0	93.750	153.750
31/12/2015	60.000	1.100.000	93.750	1.253.750
31/12/2016	60.000		93.750	153.750
31/12/2017	60.000		93.750	153.750
31/12/2018	1.060.000		93.750	1.153.750
31/12/2019			93.750	93.750
31/12/2020			93.750	93.750
31/12/2021			93.750	93.750
31/12/2022			1.593.750	1.593.750

Anexo 4.3 – Curva de interés

Fecha	Plazo (años)	Curva inicial	Interpolación	Curva final
31/12/2003				
31/12/2004	1,00	2,040%		2,040%
31/12/2005	2,00	2,400%		2,400%
31/12/2006	3,00	2,710%		2,710%
31/12/2007	4,00	2,980%		2,980%
31/12/2008	5,01	3,220%		3,220%
31/12/2009	6,01	3,420%		3,420%
31/12/2010	7,01	3,570%		3,570%
31/12/2011	8,01	3,680%		3,680%
31/12/2012	9,01	3,770%		3,770%
31/12/2013	10,01	3,840%		3,840%
31/12/2014	11,01		3,874%	3,874%
31/12/2015	12,01		3,908%	3,908%
31/12/2016	13,01		3,942%	3,942%
31/12/2017	14,01		3,976%	3,976%
31/12/2018	15,01	4,010%		4,010%
31/12/2019	16,01		4,029%	4,029%
31/12/2020	17,01		4,049%	4,049%
31/12/2021	18,01		4,068%	4,068%
31/12/2022	19,01		4,087%	4,087%
31/12/2023	20,01		4,107%	4,107%
31/12/2024	21,02		4,126%	4,126%
31/12/2025	22,02		4,145%	4,145%
31/12/2026	23,02		4,165%	4,165%
31/12/2027	24,02		4,184%	4,184%
31/12/2028	25,02		4,203%	4,203%
31/12/2029	26,02		4,223%	4,223%
31/12/2030	27,02		4,242%	4,242%
31/12/2031	28,02		4,261%	4,261%
31/12/2032	29,02		4,281%	4,281%
31/12/2033	30,02	4,300%		4,300%

Anexo 4.4 – Requisito 1: Viabilidad global de la operación

Fecha	Pagos	Cobros	VA Pagos	VA Cobros
31/12/2003				
31/12/2004	-227.117	153.750	-222.564	150.668
31/12/2005	-225.674	153.750	-215.205	146.618
31/12/2006	-225.086	153.750	-207.720	141.888
31/12/2007	-225.630	153.750	-200.609	136.700
31/12/2008	-223.850	153.750	-191.012	131.196
31/12/2009	-222.648	153.750	-181.933	125.634
31/12/2010	-222.163	153.750	-173.760	120.252
31/12/2011	-222.770	153.750	-166.806	115.125
31/12/2012	-216.196	153.750	-154.906	110.163
31/12/2013	-217.591	153.750	-149.231	105.447
31/12/2014	-210.240	153.750	-138.358	101.182
31/12/2015	-210.953	1.253.750	-133.126	791.203
31/12/2016	-201.692	153.750	-121.960	92.971
31/12/2017	-199.280	153.750	-115.402	89.036
31/12/2018	-198.364	1.153.750	-109.938	639.438
31/12/2019	-198.044	93.750	-105.216	49.807
31/12/2020	-197.003	93.750	-100.280	47.721
31/12/2021	-195.651	93.750	-95.397	45.711
31/12/2022	-194.767	1.593.750	-90.932	744.085
31/12/2023	-197.809	0	-88.397	0
31/12/2024	-189.912	0	-81.193	0
31/12/2025	-192.648	0	-78.777	0
31/12/2026	-187.033	0	-73.124	0
31/12/2027	-189.959	0	-70.981	0
31/12/2028	-184.384	0	-65.817	0
31/12/2029	-181.261	0	-61.794	0
31/12/2030	-178.339	0	-58.043	0
31/12/2031	-176.998	0	-54.976	0
31/12/2032	-175.946	0	-52.128	0
31/12/2033	-523.578	0	-147.928	0
			<u>-3.707.514</u>	<u>3.884.845</u>

**Anexo 4.5 – Requisito 2: Equivalencia de duraciones corregidas
(Cálculo de duraciones financieras)**

Fecha	(1) Plazo (años)	(2) VA Pagos	(3) VA Cobros	(1)*(2)	(1)*(3)
31/12/2003					
31/12/2004	1,00	-222.564	150.668	-223.174	151.081
31/12/2005	2,00	-215.205	146.618	-431.000	293.637
31/12/2006	3,00	-207.720	141.888	-623.730	426.052
31/12/2007	4,00	-200.609	136.700	-802.984	547.175
31/12/2008	5,01	-191.012	131.196	-956.109	656.699
31/12/2009	6,01	-181.933	125.634	-1.092.594	754.494
31/12/2010	7,01	-173.760	120.252	-1.217.275	842.426
31/12/2011	8,01	-166.806	115.125	-1.335.360	921.630
31/12/2012	9,01	-154.906	110.163	-1.395.430	992.375
31/12/2013	10,01	-149.231	105.447	-1.493.537	1.055.336
31/12/2014	11,01	-138.358	101.182	-1.523.081	1.113.838
31/12/2015	12,01	-133.126	791.203	-1.598.605	9.500.944
31/12/2016	13,01	-121.960	92.971	-1.586.822	1.209.635
31/12/2017	14,01	-115.402	89.036	-1.616.890	1.247.478
31/12/2018	15,01	-109.938	639.438	-1.650.279	9.598.571
31/12/2019	16,01	-105.216	49.807	-1.684.609	797.459
31/12/2020	17,01	-100.280	47.721	-1.706.132	811.916
31/12/2021	18,01	-95.397	45.711	-1.718.452	823.429
31/12/2022	19,01	-90.932	744.085	-1.728.961	14.147.803
31/12/2023	20,01	-88.397	0	-1.769.149	0
31/12/2024	21,02	-81.193	0	-1.706.393	0
31/12/2025	22,02	-78.777	0	-1.734.380	0
31/12/2026	23,02	-73.124	0	-1.683.045	0
31/12/2027	24,02	-70.981	0	-1.704.717	0
31/12/2028	25,02	-65.817	0	-1.646.689	0
31/12/2029	26,02	-61.794	0	-1.607.819	0
31/12/2030	27,02	-58.043	0	-1.568.270	0
31/12/2031	28,02	-54.976	0	-1.540.377	0
31/12/2032	29,02	-52.128	0	-1.512.847	0
31/12/2033	30,02	-147.928	0	-4.441.096	0
		-3.707.514	3.884.845	-45.299.803	45.891.977
				12,22	11,81

**Anexo 4.6 – Requisito 2: Equivalencia de duraciones corregidas
(Cálculo de TIR)**

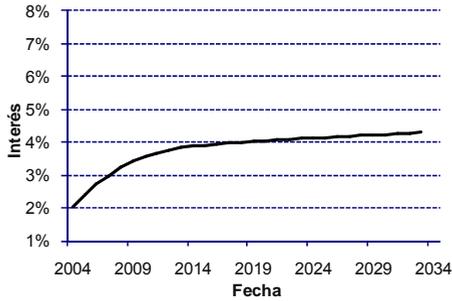
Fecha	TIR Pagos	TIR Cobros
31/12/2003	3.707.514	-3.884.845
31/12/2004	-227.117	153.750
31/12/2005	-225.674	153.750
31/12/2006	-225.086	153.750
31/12/2007	-225.630	153.750
31/12/2008	-223.850	153.750
31/12/2009	-222.648	153.750
31/12/2010	-222.163	153.750
31/12/2011	-222.770	153.750
31/12/2012	-216.196	153.750
31/12/2013	-217.591	153.750
31/12/2014	-210.240	153.750
31/12/2015	-210.953	1.253.750
31/12/2016	-201.692	153.750
31/12/2017	-199.280	153.750
31/12/2018	-198.364	1.153.750
31/12/2019	-198.044	93.750
31/12/2020	-197.003	93.750
31/12/2021	-195.651	93.750
31/12/2022	-194.767	1.593.750
31/12/2023	-197.809	0
31/12/2024	-189.912	0
31/12/2025	-192.648	0
31/12/2026	-187.033	0
31/12/2027	-189.959	0
31/12/2028	-184.384	0
31/12/2029	-181.261	0
31/12/2030	-178.339	0
31/12/2031	-176.998	0
31/12/2032	-175.946	0
31/12/2033	-523.578	0
	<u>3,98%</u>	<u>3,92%</u>

**Anexo 4.7 – Requisito 3: Equivalencia de sensibilidades
(Cálculo de escenarios de curvas de interés)**

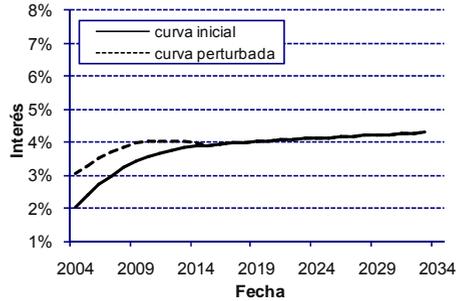
Fecha	Inicial	Escenarios				
		1 31/12/2004	2 31/12/2015	3 31/12/2018	4 31/12/2022	5 31/12/2033
31/12/2003						
31/12/2004	2,040%	3,040%	2,040%	2,040%	2,040%	2,040%
31/12/2005	2,400%	3,309%	2,491%	2,400%	2,400%	2,400%
31/12/2006	2,710%	3,528%	2,892%	2,710%	2,710%	2,710%
31/12/2007	2,980%	3,707%	3,253%	2,980%	2,980%	2,980%
31/12/2008	3,220%	3,856%	3,584%	3,220%	3,220%	3,220%
31/12/2009	3,420%	3,965%	3,875%	3,420%	3,420%	3,420%
31/12/2010	3,570%	4,025%	4,115%	3,570%	3,570%	3,570%
31/12/2011	3,680%	4,044%	4,316%	3,680%	3,680%	3,680%
31/12/2012	3,770%	4,043%	4,497%	3,770%	3,770%	3,770%
31/12/2013	3,840%	4,022%	4,658%	3,840%	3,840%	3,840%
31/12/2014	3,874%	3,965%	4,783%	3,874%	3,874%	3,874%
31/12/2015	3,908%	3,908%	4,908%	3,908%	3,908%	3,908%
31/12/2016	3,942%	3,942%	4,608%	4,276%	3,942%	3,942%
31/12/2017	3,976%	3,976%	4,309%	4,643%	3,976%	3,976%
31/12/2018	4,010%	4,010%	4,010%	5,010%	4,010%	4,010%
31/12/2019	4,029%	4,029%	4,029%	4,779%	4,279%	4,029%
31/12/2020	4,049%	4,049%	4,049%	4,548%	4,549%	4,049%
31/12/2021	4,068%	4,068%	4,068%	4,318%	4,818%	4,068%
31/12/2022	4,087%	4,087%	4,087%	4,087%	5,087%	4,087%
31/12/2023	4,107%	4,107%	4,107%	4,107%	5,016%	4,197%
31/12/2024	4,126%	4,126%	4,126%	4,126%	4,944%	4,308%
31/12/2025	4,145%	4,145%	4,145%	4,145%	4,873%	4,418%
31/12/2026	4,165%	4,165%	4,165%	4,165%	4,801%	4,528%
31/12/2027	4,184%	4,184%	4,184%	4,184%	4,730%	4,638%
31/12/2028	4,203%	4,203%	4,203%	4,203%	4,658%	4,749%
31/12/2029	4,223%	4,223%	4,223%	4,223%	4,586%	4,859%
31/12/2030	4,242%	4,242%	4,242%	4,242%	4,515%	4,969%
31/12/2031	4,261%	4,261%	4,261%	4,261%	4,443%	5,079%
31/12/2032	4,281%	4,281%	4,281%	4,281%	4,372%	5,190%
31/12/2033	4,300%	4,300%	4,300%	4,300%	4,300%	5,300%

Anexo 4.8 – Requisito 3: Equivalencia de sensibilidades (Gráficos de escenarios de curvas de interés)

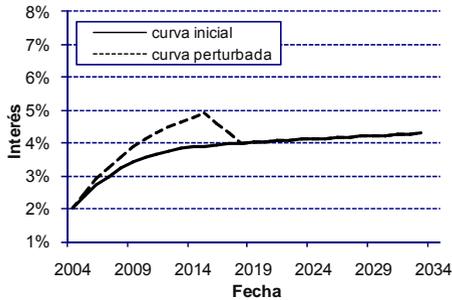
Curva inicial



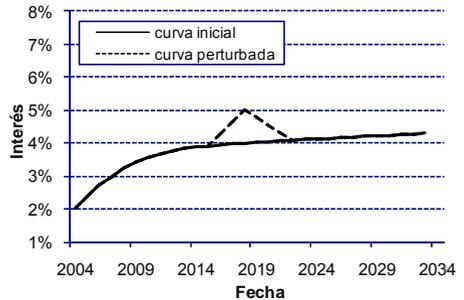
Perturbación +1% a 31-12-2004



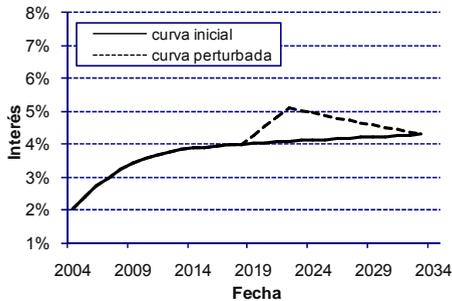
Perturbación +1% a 31-12-2015



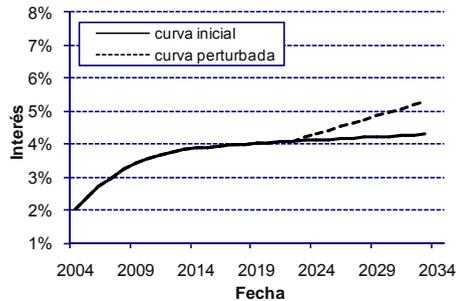
Perturbación +1% a 31-12-2018



Perturbación +1% a 31-12-2022



Perturbación +1% a 31-12-2033



Anexo 4.9 – Flujos de cobro (después de la reestructuración)

Fecha	Cobros Activo 2	Cobros Activo 4	Cobros Activo 5	Cobros Cartera
31/12/2003	0	-2.700.000	-400.000	-3.100.000
31/12/2004	0	400.000	0	400.000
31/12/2005	0	0	0	0
31/12/2006	0	1.600.000	0	1.600.000
31/12/2007	0	0	0	0
31/12/2008	0	0	0	0
31/12/2009	0	0	0	0
31/12/2010	0	0	0	0
31/12/2011	0	0	0	0
31/12/2012	0	0	0	0
31/12/2013	0	0	0	0
31/12/2014	0	0	0	0
31/12/2015	1.100.000	0	0	1.100.000
31/12/2016		0	0	0
31/12/2017		0	0	0
31/12/2018		600.000	0	600.000
31/12/2019		0	0	0
31/12/2020		0	0	0
31/12/2021		0	0	0
31/12/2022		1.300.000	0	1.300.000
31/12/2023			0	0
31/12/2024			0	0
31/12/2025			0	0
31/12/2026			0	0
31/12/2027			0	0
31/12/2028			0	0
31/12/2029			0	0
31/12/2030			0	0
31/12/2031			0	0
31/12/2032			0	0
31/12/2033			1.400.000	1.400.000

Anexo 4.10 – Requisitos 1 y 2 (después de la reestructuración)

Fecha	(1) Plazo (años)	Cobros	(2) VA Cobros	(1)*(2)	TIR Cobros
31/12/2003					-3.897.736
31/12/2004	1,00	400.000	391.981	393.055	400.000
31/12/2005	2,00	0	0	0	0
31/12/2006	3,00	1.600.000	1.476.556	4.433.714	1.600.000
31/12/2007	4,00	0	0	0	0
31/12/2008	5,01	0	0	0	0
31/12/2009	6,01	0	0	0	0
31/12/2010	7,01	0	0	0	0
31/12/2011	8,01	0	0	0	0
31/12/2012	9,01	0	0	0	0
31/12/2013	10,01	0	0	0	0
31/12/2014	11,01	0	0	0	0
31/12/2015	12,01	1.100.000	694.176	8.335.823	1.100.000
31/12/2016	13,01	0	0	0	0
31/12/2017	14,01	0	0	0	0
31/12/2018	15,01	600.000	332.535	4.991.673	600.000
31/12/2019	16,01	0	0	0	0
31/12/2020	17,01	0	0	0	0
31/12/2021	18,01	0	0	0	0
31/12/2022	19,01	1.300.000	606.940	11.540.168	1.300.000
31/12/2023	20,01	0	0	0	0
31/12/2024	21,02	0	0	0	0
31/12/2025	22,02	0	0	0	0
31/12/2026	23,02	0	0	0	0
31/12/2027	24,02	0	0	0	0
31/12/2028	25,02	0	0	0	0
31/12/2029	26,02	0	0	0	0
31/12/2030	27,02	0	0	0	0
31/12/2031	28,02	0	0	0	0
31/12/2032	29,02	0	0	0	0
31/12/2033	30,02	1.400.000	395.547	11.875.078	1.400.000
			<u>3.897.736</u>	<u>41.569.512</u>	<u>3,94%</u>
				<u>10,67</u>	

Anexo 4.11 - FASE 3: Valor actual de las inversiones a la TIR reducida

Fecha	Activo 2	Activo 4	Activo 5
31/12/2003			
31/12/2004	0	385.121	0
31/12/2005	0	0	0
31/12/2006	0	1.428.307	0
31/12/2007	0	0	0
31/12/2008	0	0	0
31/12/2009	0	0	0
31/12/2010	0	0	0
31/12/2011	0	0	0
31/12/2012	0	0	0
31/12/2013	0	0	0
31/12/2014	0	0	0
31/12/2015	700.765	0	0
31/12/2016	0	0	0
31/12/2017	0	0	0
31/12/2018	0	340.176	0
31/12/2019	0	0	0
31/12/2020	0	0	0
31/12/2021	0	0	0
31/12/2022	0	633.548	0
31/12/2023	0	0	0
31/12/2024	0	0	0
31/12/2025	0	0	0
31/12/2026	0	0	0
31/12/2027	0	0	0
31/12/2028	0	0	0
31/12/2029	0	0	0
31/12/2030	0	0	0
31/12/2031	0	0	0
31/12/2032	0	0	0
31/12/2033	0	0	435.928
	<u>700.765</u>	<u>2.787.152</u>	<u>435.928</u>

**Anexo 4.12 – FASE 4: Tipo implícito de cálculo de la provisión
(TIR media reducida de la cartera de inversiones)**

Fecha	Interés
31/12/2003	-3.923.845
31/12/2004	400.000
31/12/2005	0
31/12/2006	1.600.000
31/12/2007	0
31/12/2008	0
31/12/2009	0
31/12/2010	0
31/12/2011	0
31/12/2012	0
31/12/2013	0
31/12/2014	0
31/12/2015	1.100.000
31/12/2016	0
31/12/2017	0
31/12/2018	600.000
31/12/2019	0
31/12/2020	0
31/12/2021	0
31/12/2022	1.300.000
31/12/2023	0
31/12/2024	0
31/12/2025	0
31/12/2026	0
31/12/2027	0
31/12/2028	0
31/12/2029	0
31/12/2030	0
31/12/2031	0
31/12/2032	0
31/12/2033	1.400.000
	<u>3,88%</u>

Anexo 4.13 – FASE 5: Provisión matemática

Fecha	Pagos	Provisión
31/12/2003		
31/12/2004	-227.117	-218.608
31/12/2005	-225.674	-209.104
31/12/2006	-225.086	-200.767
31/12/2007	-225.630	-193.733
31/12/2008	-223.850	-185.004
31/12/2009	-222.648	-177.136
31/12/2010	-222.163	-170.147
31/12/2011	-222.770	-164.237
31/12/2012	-216.196	-153.419
31/12/2013	-217.591	-148.640
31/12/2014	-210.240	-138.253
31/12/2015	-210.953	-133.539
31/12/2016	-201.692	-122.893
31/12/2017	-199.280	-116.887
31/12/2018	-198.364	-112.003
31/12/2019	-198.044	-107.644
31/12/2020	-197.003	-103.067
31/12/2021	-195.651	-98.535
31/12/2022	-194.767	-94.426
31/12/2023	-197.809	-92.317
31/12/2024	-189.912	-85.311
31/12/2025	-192.648	-83.307
31/12/2026	-187.033	-77.857
31/12/2027	-189.959	-76.121
31/12/2028	-184.384	-71.119
31/12/2029	-181.261	-67.302
31/12/2030	-178.339	-63.743
31/12/2031	-176.998	-60.900
31/12/2032	-175.946	-58.270
31/12/2033	-523.578	-166.922
		<u>-3.751.213</u>

5 SOLVENCIA II¹³⁵

1. INTRODUCCIÓN

El tipo de interés es una variable que interviene directamente en la valoración de determinados instrumentos financieros (bonos, estructurados). El valor de mercado de tales activos se obtiene mediante la actualización de los flujos de caja generados al interés de mercado. La siguiente expresión muestra la descomposición clásica del interés de mercado:

$$i_m = i + p_{ilic} + sp$$

Donde:

i_m : interés de mercado
 i : interés libre de riesgo
 p_{ilic} : prima de iliquidez
 sp : spread de crédito

Cuanto mayor sean los riesgos de crédito o liquidez asumidos por la inversión en un activo, mayor deberá ser la rentabilidad recibida como compensación. La prima de iliquidez refleja el riesgo de realización anticipada de la inversión. El spread de crédito representa el riesgo de default del activo y depende fundamentalmente de la probabilidad de default y la tasa de recuperación.

Por su parte, Solvencia II establece el cálculo de la provisión mediante la agregación del best estimate y el margen de riesgo. El best estimate se obtiene como el valor actual de los flujos de caja al interés libre de riesgo más la prima de iliquidez.

Por tanto, el interés es una variable que interviene directamente en el cálculo de los activos y las provisiones técnicas. En el presente capítulo se analiza el interés libre de riesgo y la prima de iliquidez¹³⁶.

Pero al margen de la valoración que el actual tipo de interés permite de los activos y pasivos es necesario considerar la hipótesis de una variación futura

¹³⁵ El autor desea mostrar su agradecimiento a D. Lorenzo Esteban Jódar por la lectura que ha realizado del capítulo así como por las sugerencias efectuadas, siempre constructivas.

¹³⁶ El análisis del riesgo de crédito excede ampliamente del ámbito del presente trabajo.

del interés. Quedaría incompleto todo estudio que no complementase un análisis estático con el riesgo de sufrir pérdidas por las variaciones sufridas por activos y pasivos ante variaciones del tipo de interés. A ese propósito responde la descripción de los métodos utilizados en Solvencia II para la determinación de los requerimientos de capital por riesgo de tipo de interés, así como el estudio del VaR como medida de estimación de las pérdidas.

2. RIESGO DE INTERÉS¹³⁷

2.1. Interés libre de riesgo¹³⁸

La Directiva¹³⁹ de Solvencia II¹⁴⁰ establece el cálculo del best estimate mediante el descuento de los flujos de caja futuros al interés libre de riesgo relevante.

El interés libre de riesgo puede definirse como la rentabilidad que proporciona un activo financiero sin riesgo de crédito y máxima liquidez. Así, pueden destacarse dos características básicas de la ETTI libre de riesgo.

- Inexistencia de riesgo de crédito. Suele entenderse que un activo con rating actualizado AAA carece de riesgo de crédito relevante. El spread de crédito es nulo. En sentido estricto debe entenderse que el rating AAA representa un componente de riesgo de crédito, aunque sea mínimo. Las referencias más utilizadas son la curva de deuda pública y la curva euroswap. La segunda puede definirse como la curva de deuda privada de menor riesgo de crédito¹⁴¹.
- Elevada liquidez. Debe entenderse que un activo goza de liquidez cuando puede realizarse de forma inmediata a valor de mercado. De aquí se extraen las características de profundidad y transparencia que debe reunir el mercado. Mientras que la profundidad alude a la posibilidad de realizar rápidamente un elevado volumen de transacciones con reducido impacto en los precios, la transparencia supone que la información de los precios es en todo momento accesible y conocida por los operadores del mercado. La prima de iliquidez será por tanto nula.

¹³⁷ Véase CEIOPS-SEC-34/10.

¹³⁸ Véase CEIOPS-CP-40/09.

¹³⁹ Directiva 2009/138/CE 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 (Directiva de Solvencia II).

¹⁴⁰ Artículo 77.2.

¹⁴¹ Por tanto, la curva swap incluye un reducido componente de riesgo de crédito.

La construcción de la ETTI debe realizarse a partir de instrumentos financieros que reúnan las características anteriores para cada uno de los plazos o vértices de la curva y en la misma moneda¹⁴².

La carencia para algunos plazos puede suplirse mediante interpolación o extrapolación. Especialmente sensible al proceso de extrapolación son los seguros de vida a largo plazo. Las técnicas más utilizadas suelen englobarse en métodos simples (mantenimiento del último tipo observable), métodos macroeconómicos (tasa de interés forward incondicional a largo plazo), y métodos paramétricos (Nelson-Siegel, Vasicek).

2.2. Curva de interés libre de riesgo de la zona euro

a) ECB¹⁴³

El ECB determina regularmente la ETTI libre de riesgo para la zona euro. Se aplican los siguientes criterios:

- Se consideran bonos de deuda pública de la zona euro.
- El rating debe ser AAA.
- Solo se consideran emisiones de más de 5 billones de euros.
- Se incluyen bonos con cupón periódico y vencimiento cierto así como bonos cupón cero (incluidos STRIPS¹⁴⁴).
- Se excluyen activos con características especiales (bonos FRN, bonos vinculados a la inflación, bonos perpetuos).
- El spread bid-ask máximo es 3 puntos básicos.
- Se consideran precios de cierre del día.
- El vencimiento residual oscila entre 3 meses y 30 años.
- Se aplica el sistema TARGET¹⁴⁵.
- Se utiliza el modelo Svensson¹⁴⁶.

¹⁴² Véase capítulo 2 apartado 1.

¹⁴³ European Central Bank (Banco Central Europeo).

¹⁴⁴ Separately Trade Registered Interest Principal Security.

¹⁴⁵ Trans-european Automated Real-time Gross settlement Express Transfer (Sistema automatizado transeuropeo de transferencia urgente para la liquidación bruta en tiempo real).

¹⁴⁶ El modelo Svensson es una técnica de extrapolación paramétrica, extensión del modelo Nelson-Siegel, que estima la curva de tipos forward instantáneos mediante 4 parámetros: tipo de interés a largo plazo, diferencial entre los tipos de interés a largo plazo y corto plazo, primera curvatura y segunda curvatura.

En el Gráfico 5.1 se muestra la evolución de la curva en los últimos 3 años.

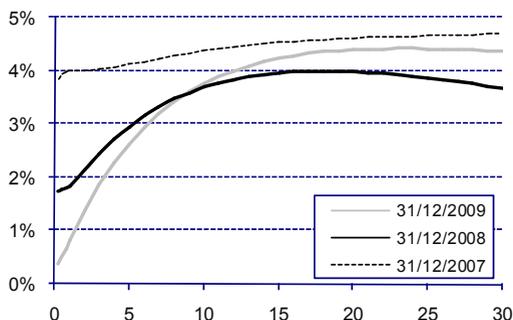


Gráfico 5.1 – Evolución de la curva de interés libre de riesgo de la zona euro (Fuente ECB)

b) QIS¹⁴⁷ 5¹⁴⁸

El QIS 5 ha optado por estimar la curva de interés libre de riesgo a partir de la curva swap deduciendo el componente de riesgo de crédito. No obstante, para aquellas monedas donde no existe mercado de swap o no es suficientemente líquido y fiable se estima mediante la curva de deuda pública.

Se efectúa un ajuste para remover el riesgo de crédito en la curva swap euro de 10 puntos básicos, aplicable de forma paralela sobre la curva swap forward.

Pueden destacarse las siguientes características del proceso de extrapolación:

- Se utiliza el método econométrico de la tasa de interés forward incondicional a largo plazo (UFR, unconditional forward rate).
- Comienza en el año 30 (entry point, T1), es decir, en el último dato de la curva observable con suficiente liquidez.
- Finaliza en el año 90 en la tasa a largo plazo (UFR, T2), obtenida a partir de dos factores: inflación esperada a largo plazo e interés real esperado. La inflación a largo plazo se estima en un 2% anual, obtenida a partir de la experiencia histórica de los últimos 15 años (1994 a 2009) para los países de la OCDE¹⁴⁹. Por su parte, el interés real del 2,2% se obtiene a partir de la rentabilidad deflactada de bonos sin riesgo en los últimos 110 años (1900 a 2009) para 19 economías, ponderando en mayor medida la segunda mitad del período muestral. Acumulando ambos factores se obtiene una tasa a largo plazo del 4,2%.

¹⁴⁷ Quantitative Impact Study (Estudio de Impacto Cuantitativo).

¹⁴⁸ Véase QIS 5 Technical Specification. Risk-free interest rates de CFO Forum y CRO Forum.

¹⁴⁹ Con ajustes de -1% para países con reducida inflación (Japón y Suiza) y +1% para países con elevada inflación (Turquía).

- La interpolación entre T1 y T2 de las tasas forward se efectúa por el método Smith-Wilson¹⁵⁰.
- Después de T2 se aplica de forma constante la UFR.
- Los tipos spot se obtienen por el método recursivo.

El Gráfico 5.2 muestra la curva euro libre de riesgo a 31-12-2009.

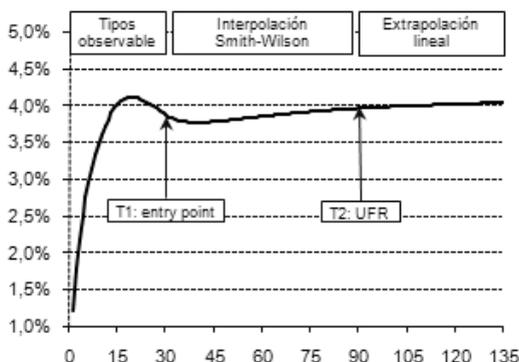


Gráfico 5.2 – Curva euro libre de riesgo a 31-12-2009

2.3. Prima de iliquidez

a) Solvencia II

Sólo parece adecuado utilizar el interés libre de riesgo, tal y como se ha definido en el apartado 2.1, para la determinación del best estimate de la provisión en la medida en que las obligaciones que ésta refleja tienen un grado elevado de liquidez. Si, por el contrario, la provisión refleja obligaciones ilíquidas, debería utilizarse una tasa de descuento que incorpore junto al interés libre de riesgo una prima de iliquidez.

Desde un punto de vista teórico la prima de iliquidez debe coincidir con la rentabilidad adicional que genera un activo ilíquido y libre de riesgo de crédito, por encima del interés libre de riesgo, disponible en mercados financieros y que genera unos flujos de caja similares a los flujos de caja considerados en el cálculo del best estimate de la provisión.

Asumiendo que su calibración debe efectuarse a partir de los activos, pueden mencionarse varios métodos:

¹⁵⁰ Dicho método define la estructura temporal de tasas como una combinación lineal de varias funciones Kernel, bajo la hipótesis de que las tasas forward convergen asintóticamente a la UFR en el largo plazo. La velocidad de convergencia se controla con la adecuada elección del parámetro alfa (QIS 5 lo fija en 0,1). En la calibración previa de la curva también se analizó un proceso de convergencia lineal de las tasas forward entre los puntos T1 y T2.

- Método de deducción del CDS: puesto que el precio del CDS de un bono corporativo refleja su spread de crédito, bastará con deducirlo del spread total del bono para obtener una estimación de la prima de iliquidez.
- Método teórico: se deduce del spread total del bono el spread de crédito teórico estimado mediante métodos de valoración de opciones.
- Método de cobertura de bonos: se estima mediante la diferencia entre el interés de dos bonos con idénticas características pero diferente grado de liquidez.
- Método aproximado: se deduce del spread total las pérdidas esperadas e inesperadas por riesgo de crédito, calibrados ambos según mercado.

En QIS 5, para la curva euro, la prima de iliquidez a 31-12-2009 se estimó en 53 puntos básicos, aplicable aditivamente sobre la curva swap ajustada durante los primeros 15 años de la curva (cut-off point). A partir de dicho punto la prima de iliquidez se diluye linealmente en 5 años¹⁵¹. De esta forma QIS 5 interpreta la prima de iliquidez como una tasa spot evitando la extensión a la parte extrapolada de la curva de interés libre de riesgo, tal y como establecen las medidas de implementación. Como contrapartida, la dilución de la prima en sólo 5 años puede generar tasas forward negativas¹⁵².

En el Gráfico 5.3 se muestra la curva euro, con y sin prima de iliquidez:

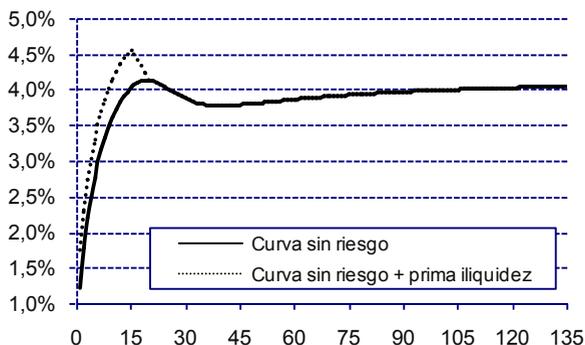


Gráfico 5.3 – Prima de iliquidez de la curva euro libre de riesgo a 31-12-2009

No obstante, la utilización de la curva con prima de iliquidez solo es adecuada en la medida en que existe fiabilidad sobre la fecha y el importe de los flujos de

¹⁵¹ Acumulando ambos períodos resulta el período de tiempo durante el cuál se considera observable la prima de iliquidez de los activos (20 años).

¹⁵² La interpretación de la prima de iliquidez como tasa forward evita la aparición de tasas forward negativas pero se prolonga hasta la parte extrapolada de la curva.

pago considerados en el cálculo de la provisión. Ante una eventual anticipación de tales flujos podría ser necesaria la realización anticipada de las inversiones que, dado su grado de iliquidez, podría resultar infructuosa. El riesgo de iliquidez debería ser considerado en la valoración de las provisiones mediante la incorporación de una prima de iliquidez inferior o incluso nula, según los casos.

En QIS 5 se permite la consideración del 100% de la prima de iliquidez siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que se trate de contratos de seguro que incorporen únicamente riesgos de supervivencia y gastos.

En la medida en que no existan obligaciones a corto o medio plazo el grado de iliquidez será mayor. La existencia de riesgo de supervivencia en ningún caso puede suponer una anticipación de los flujos de pago que exija la realización anticipada de las inversiones. Lo contrario ocurriría en seguros con riesgo de fallecimiento. Por tanto, este requisito no pretende tanto medir los requerimientos de capital por riesgo biométrico como garantizar la existencia de un período de tiempo amplio durante el cual se minimiza la aparición de desviaciones en los flujos de pago que pudieran requerir la realización anticipada de las inversiones.

- Que el asegurador no asuma ningún riesgo en caso de rescate.

No se pretende tanto considerar los requerimientos de capital por riesgo de rescate como evitar que las desviaciones que se pudieran producir en las tasas de rescate estimadas en el cálculo de la provisión pudieran generar pérdidas en la entidad por imposibilidad de liquidar anticipadamente las inversiones. El no reconocimiento del derecho de rescate, su limitación durante un período amplio de tiempo, o la definición del valor de rescate como el valor de mercado de las inversiones¹⁵³ son supuestos que reducen el grado de liquidez de las provisiones.

- Que se trate de seguros a prima única. Se incluyen igualmente los seguros a prima periódica cuando el período de pago de primas ya ha finalizado.

En un seguro a prima periódica los flujos considerados en el cálculo de la provisión son netos de las primas futuras. Si el asegurado deja de pagar primas el seguro se reduce debiendo la entidad afrontar íntegramente el pago de los compromisos y gastos sin posibilidad de obtener financiación suficiente con cargo a primas futuras ni los flujos de cobro derivados de los activos.

Si el contrato tiene participación en beneficios discrecional la prima de iliquidez será del 75%. Dicha cláusula incorpora riesgo de liquidez a los

¹⁵³ Valor de mercado considerando su grado de iliquidez.

pasivos al prever la posibilidad de efectuar pagos adicionales en función de los beneficios de la entidad y con un cierto margen de discrecionalidad.

En otro caso se considerará una prima de iliquidez del 50%.

b) Sistemas de inmunización financiera

El fundamento del método de cálculo de la prima de iliquidez realizada por Solvencia II en base a la rentabilidad adicional que genera un activo ilíquido y libre de riesgo de crédito disponible en mercados financieros y que genera unos flujos de cobro similares a los flujos de pago considerados en el cálculo de la provisión es similar al utilizado en los sistemas de inmunización financiera vigentes en España.

En tales sistemas¹⁵⁴ el tipo de interés de cálculo de la provisión se obtiene, a grandes rasgos, aplicando al interés de mercado de las inversiones un coeficiente reductor. Con dicha metodología se pretende básicamente convertir el interés con riesgo en interés sin riesgo¹⁵⁵.

Conviene distinguir entre ambos sistemas:

- En el sistema de casamiento de flujos debe existir una coincidencia adecuada, en tiempo y cuantía, entre flujos de cobro y pago. Suponiendo que, como prevé Solvencia II, se admite la consideración de hipótesis de rescate en la estimación de los flujos de pago, en principio no existe motivo aparente que requiera la realización anticipada de las inversiones asignadas. Es decir, cada vez que haya que afrontar un compromiso de pago existirá un flujo de cobro disponible¹⁵⁶.

De esta forma puede concluirse que en el sistema de casamiento de flujos el riesgo de liquidez es mínimo. En tal caso sería admisible la incorporación de una prima de iliquidez sobre el interés libre de riesgo en el descuento de los flujos de caja y cálculo de la provisión. El sistema de casamiento de flujos obtiene dicha tasa de descuento mediante un método indirecto consistente en aplicar coeficientes reductores al interés de las inversiones.

- El sistema de inmunización por duraciones requiere una gestión dinámica de las inversiones lo que supone una diferencia sustancial con al sistema anterior respecto a la prima de iliquidez.

¹⁵⁴ Véanse capítulos 3 apartado 5 y capítulo 4 apartado 6.

¹⁵⁵ No obstante, tal y como se aclara posteriormente, solo en el sistema de casamiento de flujos el interés resultante incluye prima de iliquidez.

¹⁵⁶ Podría cuestionarse que existe la posibilidad de que aparezcan desviaciones en los flujos de cobro o pago respecto a los flujos estimados. No obstante, dicha circunstancia será considerada en la determinación de los requerimientos de capital (riesgos de spread, rescate, longevidad, entre otros).

El riesgo de interés se controla con una equivalencia de sensibilidades de activos y pasivos, sin embargo no se exige como presupuesto previo una coincidencia de flujos de cobro y pago. Por tanto, la entidad debe efectuar las reestructuraciones de la cartera de inversiones que resulten necesarias para cumplir en todo momento con los márgenes establecidos. El sistema solo es operativo si existe un elevado grado de liquidez de las inversiones.

Puede por tanto concluirse que, a diferencia del sistema anterior, en el sistema de inmunización por duraciones existe riesgo de liquidez relevante. Por tal motivo el interés de cálculo de la provisión debe identificarse con el interés libre de riesgo en sentido estricto, es decir, libre de riesgo de crédito y libre de riesgo de liquidez. De forma similar a lo señalado en el sistema anterior, también puede obtenerse dicho tipo de interés indirectamente por la aplicación de coeficientes reductores al interés de los activos. Serán coeficientes más reductores que los que se apliquen en el sistema de casamiento de flujos pues deben compensar tanto el riesgo de crédito (como ocurría allí) como el riesgo de liquidez (determinante en este sistema).

3. SCR¹⁵⁷ Y MCR¹⁵⁸ POR RIESGO DE TIPO DE INTERÉS

3.1. Riesgo de tipo de interés

La Directiva de Solvencia II define el riesgo de tipo de interés como la sensibilidad del valor de los activos, los pasivos y los instrumentos financieros frente a las variaciones en la estructura temporal de los tipos de interés o la volatilidad de los tipos de interés¹⁵⁹.

La cuantificación del requerimiento de capital por riesgo de tipo de interés se realiza en base a un análisis por escenarios cuya definición varía ligeramente en los diferentes QIS.

3.2. SCR y MCR

SCR es el nivel de capital requerido a una entidad aseguradora para garantizar su solvencia a un año con un 99,5% de probabilidad. Por su parte el MCR reduce la probabilidad al 85%¹⁶⁰.

¹⁵⁷ Standard Capital Requirement (Requerimiento de Capital Estándar).

¹⁵⁸ Minimum Capital Requirement (Requerimiento de Capital Mínimo).

¹⁵⁹ Artículo 105.5.

¹⁶⁰ En versiones anteriores del QIS se consideró un 90%.

En base a dichas hipótesis se van a examinar las metodologías de estimación de las pérdidas que se están analizando en el proyecto de Solvencia II para la determinación del SCR y MCR según la fórmula estándar.

3.3. Metodología de escenarios

Es la metodología utilizada para la determinación del SCR en los QIS 3 y 4¹⁶¹.

a) *Requerimiento de capital (SCR)*

El SCR por riesgo de interés se cuantifica como la mayor pérdida observada en el valor actual de los activos (neto de los pasivos) en dos escenarios de variación (subida y bajada) de la curva de tipos de interés, sujeto a un mínimo de 0.

Los factores de variación relativa de la ETTI se muestran en el Anexo 5.1. Únicamente se deben considerar activos y pasivos sensibles a las variaciones en la ETTI (activos de renta fija, pasivos de seguro, derivados sobre tipo de interés).

Adicionalmente se deduce el efecto compensador de la participación en beneficios. Sólo procederá dicho efecto cuando se haya considerado en el cálculo de las provisiones técnicas un componente de participación en beneficios discrecional que pueda absorber las pérdidas obtenidas por riesgo de tipo de interés.

b) *Calibración*

Parte de los siguientes datos:

- Curva cupón cero de la deuda pública alemana (de 1972 a 2006). Datos mensuales de 1 a 10 años.
- Curva euroswap (de 1972 a 2006). Datos diarios de 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 años.

Empíricamente se observan varios aspectos de la curva de tipos de interés:

- El tipo de interés a corto plazo es inferior al tipo de interés a largo plazo. Es decir, la curva presenta pendiente positiva.
- La variación absoluta del interés es mayor en los tipos a largo plazo que en los tipos a corto plazo.

¹⁶¹ Véase CEIOPS-FS-14/07.

- La variación relativa del interés es menor en los tipos a largo plazo que en los tipos a corto plazo. Dicho de otra forma, la volatilidad de los tipos a corto plazo es mayor que la volatilidad de los tipos a largo plazo.

La función exponencial refleja adecuadamente estos comportamientos:

$$i'_n = i_n \cdot e^X$$

Donde:

i'_n : tipo de interés inicial a n años
 i_n : nuevo tipo de interés a n años
 X : variable normal

Operando:

$$e^X = \frac{i'_n}{i_n}$$

$$X = \ln\left(\frac{i'_n}{i_n}\right)$$

$$X = \ln\left(1 + \frac{i'_n - i_n}{i_n}\right) \approx \frac{i'_n - i_n}{i_n}$$

La aproximación anterior solo es aceptable cuando la variación relativa del tipo de interés es suficientemente pequeña. Se muestra en el Gráfico 5.4.

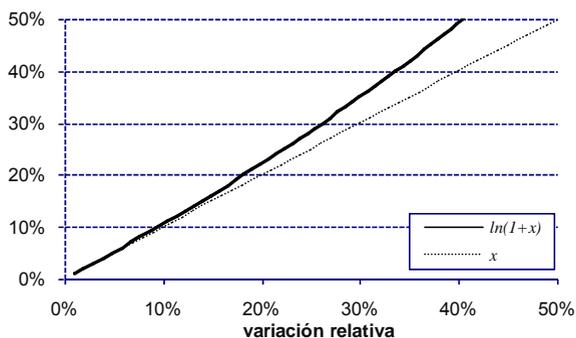


Gráfico 5.4 – Aproximación $x = \ln(1+x)$

Según la expresión anterior:

$$e^X = \frac{i'_n}{i_n}$$

$$e^x = 1 + v$$

$$e^x - 1 = v$$

Siendo v la variación relativa del tipo de interés.

La estimación del SCR se realiza con un nivel de confianza del 99,5%. De ahí que deba tipificarse la variable X considerando un coeficiente normal estándar igual a 2,57. Sustituyendo:

$$e^{\mu_x + 2,57 \cdot \sigma_x} - 1 = v$$

A partir de las bases de datos se determinan las variaciones de los tipos de interés y sus respectivas desviaciones típicas. Se muestran en la Tabla 5.1.

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	15A	20A	25A	30A
Deuda alemana	0,27	0,23	0,21	0,20	0,19	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15				
Euroswap	0,20	0,21			0,17					0,14	0,14	0,12	0,12	0,12

Tabla 5.1 – Volatilidad de los tipos de interés (desviación típica)

Por ejemplo, para el tipo de interés a un año resultan las siguientes variaciones positivas (suponemos media 0):

$$e^{0+2,57 \cdot 0,27} - 1 = 1,00$$

$$e^{0+2,57 \cdot 0,20} - 1 = 0,67$$

El valor resultante el proceso de calibración se ha fijado finalmente en 0,94 (94%). De igual forma se deriva el resto de factores de sensibilidad aplicables a la curva de interés (Anexo 5.1).

El análisis se extiende para tipos de interés de países que no pertenecen a la zona euro (Dinamarca, Suecia y Reino Unido), pues las desviaciones típicas de las variaciones de los tipos de interés obtenidas en dichos países son consistentes con las obtenidas en la zona euro.

Finalmente el proceso de calibración menciona como posible mejora la incorporación de ajustes por colas gruesas¹⁶².

¹⁶² Pueden realizarse por diferentes métodos (logarítmico-lineal, teoría de los valores extremos, distribución de error generalizada, o distribución de Pareto, entre otros).

3.4. Metodología de escenarios revisada¹⁶³

Tomando en consideración los resultados alcanzados en el QIS 4 se ha revisado la metodología de cálculo del SCR por riesgo de tipo de interés. Los factores resultantes son los aplicables en el QIS 5.

a) *Requerimiento de capital (SCR)*¹⁶⁴

Para la determinación del SCR por riesgo de interés se consideran escenarios de variación de la curva de tipos de interés. En particular se cuantifica como la mayor pérdida observada en el valor actual de los activos (neto de los pasivos) en dos escenarios predefinidos de incremento y disminución de los tipos de interés, sujetos a un mínimo de 0.

El Anexo 5.2 refleja las variaciones relativas de la ETTI.

b) *Calibración*¹⁶⁵

El nuevo proceso de calibración parte de los siguientes datos:

- Curva cupón cero de la deuda pública euro (de 1997 a 2009). Datos diarios de 1 a 15 años.

¹⁶³ Véase CEIOPS-CP-47/09, CEIOPS-DOC-66/10 y CEIOPS-CP-70/09.

¹⁶⁴ En el QIS 5 inicialmente aprobado por CEIOPS se incluían cuatro escenarios, complementando los escenarios de variación de la curva de tipos de interés con escenarios de variación de la volatilidad implícita de los tipos de interés, especialmente relevantes cuando la cartera incluye activos o pasivos sensibles a cambios en la volatilidad de los tipos de interés (pasivos que contienen opciones implícitas y garantías, derivados sobre tipos de interés). No obstante, la Comisión Europea suprimió los escenarios de variación de la volatilidad.

¹⁶⁵ La calibración de los escenarios de variación de las volatilidades se realiza a partir de las volatilidades implícitas en los precios de mercado de los swaptions. Un swaption es un derivado financiero mediante el cual el comprador adquiere el derecho a entrar en un swap al vencimiento de la opción (europea). Suele indicarse mediante dos dimensiones AxB. A mide el vencimiento de la opción y B el vencimiento del swap. A partir de un histórico de volatilidades implícitas para swaptions con diferentes vencimientos (8 tramos para el vencimiento de la opción, de 0,25 a 30 años; y 8 vencimientos para el swap, de 1 a 30 años) se obtiene la distribución de sus respectivas variaciones anuales. Finalmente se hallan los factores de variación de la volatilidad implícita para un nivel de confianza del 99,5% (SCR), resultando dos matrices de variación (positiva y negativa) de dimensión 8 x 8. Para evitar excesiva complejidad se reduce la dimensión de la matriz a uno considerando que el swaption 10x10 es el que mejor representa las garantías implícitas en los pasivos de seguro. Así, los escenarios de variación relativa de la volatilidad se podrían fijar en 95% y -20%. No obstante, la volatilidad del tipo de interés presenta reversión a la media. Por tanto, la utilización de factores de variación relativa podría conllevar variaciones excesivamente altas (bajas) en épocas de elevada (baja) volatilidad. Para evitar dicho efecto finamente se opta por factores de variación absoluta. Tomando igualmente como referencia el swaption 10x10 se obtienen como factores de variación absoluta de la volatilidad el 12% y -3%. Se considera una correlación del 0% entre los escenarios de variación de los tipos de interés y las volatilidades aunque es empíricamente demostrable que las variaciones en la curva de interés generan incrementos de volatilidad.

- Curva cupón cero de la deuda pública inglesa (de 1979 a 2009). Datos diarios de 1 a 25 años.
- Curva euroswap (de 1997 a 2009). Datos diarios de 3 meses, 6 meses, 1 a 10, 15, 20 y 30 años.
- Curva liborswap (de 1997 a 2009). Datos diarios de 3 meses, 6 meses, 1 a 10, 15, 20 y 30 años.

La calibración se basa en el método PCA¹⁶⁶ consistente en la estimación de la variación producida en los tipos de interés mediante un sistema de regresión lineal a partir de nuevas variables, incorrelacionadas entre sí y denominadas componentes principales, cada una de las cuales a su vez es una combinación lineal de las variables originales.

El primer paso es elegir y cuantificar los componentes principales o variables explicativas de las variaciones observadas en los tipos de interés. El estudio considera los siguientes:

- Nivel: cuantificado mediante el actual tipo de interés a corto plazo.
- Pendiente: estimado mediante el diferencial entre los tipos a largo y corto plazo.
- Curvatura: asociado a la volatilidad del interés.
- Distorsión: variaciones puntuales en determinados puntos de la curva.

La elección del primer componente principal se realiza de forma que incorpore la mayor cantidad posible de variación debida a las variables originales; el segundo componente principal se elige de forma que explique la mayor cantidad posible de variación que resta sin explicar por el primer componente, sujeto a la condición de estar incorrelacionado con el primer componente principal; y así sucesivamente.

Las varianzas explicadas por cada uno de los componentes principales se muestran en la Tabla 5.2. Al tratarse de variables incorrelacionadas las varianzas pueden acumularse para determinar la varianza total explicada por el modelo.

	Deuda Euro	Deuda Inglesa	Euroswap	Liborswap
Nivel	90,32%	76,37%	89,20%	92,04%
Pendiente	9,02%	20,15%	9,00%	6,33%
Curvatura	0,61%	2,88%	1,52%	1,23%
Distorsión	0,04%	0,35%	0,14%	0,21%
TOTAL	99,99%	99,76%	99,86%	99,81%

Tabla 5.2 – Varianza explicada por los componentes principales

¹⁶⁶ Principal Component Analysis (Análisis de Componentes Principales).

Se observa que la varianza explicada asciende al 99,98% aproximadamente.

A continuación se tipifican las variables correspondientes a cada uno de los componentes principales (con un nivel de confianza del 99,5% al tratarse del SCR) y se plantea un modelo de regresión lineal para estimar las variaciones futuras del tipo de interés en cada uno de los plazos y para cada uno de los componentes principales. De la acumulación de los factores de sensibilidad beta se obtiene el parámetro de variación del tipo de interés.

En el Anexo 5.3 se refleja una comparativa entre los factores de variación previstos en el QIS 4 y los resultantes del proceso de revisión (detallándose los factores obtenidos para cada una de las bases de datos)¹⁶⁷.

3.5. Metodología de duraciones corregidas

Fue utilizada en el QIS 3 para la determinación del MCR. En los QIS 4 y 5 el MCR no consideraba el riesgo de tipo de interés¹⁶⁸.

a) *Requerimiento de capital (MCR)*

El MCR por riesgo de interés se calcula estimando la variación del valor actual de los activos (neto de los pasivos) a través de sus respectivas duraciones corregidas.

Una de las limitaciones de la duración corregida como medida de sensibilidad del valor de un activo o pasivo ante variaciones del tipo de interés es que considera un único tipo de interés¹⁶⁹. De ahí que deba asumirse la simplificación de sustituir la curva de interés (separadamente para activos y pasivos) por un único tipo igual al interés correspondiente a la duración financiera o, lo que es lo mismo, al interés medio implícito en la curva.

Tanto para activos como para pasivos se consideran los escenarios de variación relativa de los tipos de interés que se muestran en la Tabla 5.3.

V ₁	V ₂
18%	-20%

Tabla 5.3 – Escenarios de variación de los tipos de interés
(Metodología de duraciones corregidas: MCR QIS3)

¹⁶⁷ Inicialmente (CEIOPS-CP-70/09) se consideraron los factores máximos y mínimos obtenidos a partir de cada una de las bases de datos. Finalmente (CEIOPS-DOC-66/10) se ha optado por considerar los factores promedio de las diferentes bases de datos interpolando en aquéllos puntos donde el promedio no es representativo por insuficiencia de datos o generación de saltos irregulares.

¹⁶⁸ Salvo SCR simplificado de riesgo de tipo de interés de reaseguradoras cautivas en QIS 5.

¹⁶⁹ Véase capítulo 2 apartado 4.

Multiplicando el tipo de interés (para activos y pasivos) y el factor de variación relativa se obtiene la variación absoluta del tipo de interés en cada escenario.

Bastará finalmente con estimar la variación del valor del activo (neta del pasivo) mediante sus respectivas duraciones corregidas para obtener el MCR, sujeto a un mínimo de 0.

Análíticamente puede expresarse mediante la siguiente expresión:

$$MCR = \max \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ VA \cdot DCA \cdot i_{DCA} \cdot v_1 - VP \cdot DCP \cdot i_{DCP} \cdot v_1 \\ VA \cdot DCA \cdot i_{DCA} \cdot v_2 - VP \cdot DCP \cdot i_{DCP} \cdot v_2 \end{array} \right\}$$

Donde:

VA: valor de mercado de activos

VP: valor de mercado de pasivos

DCA: duración corregida de activos

DCP: duración corregida de pasivos

i_{DCA}: interés correspondiente a la duración corregida de activos

i_{DCP}: interés correspondiente a la duración corregida de pasivos

v₁: escenario de variación positiva de los tipos de interés

v₂: escenario de variación negativa de los tipos de interés

b) Calibración

El proceso es similar al realizado en la metodología de escenarios¹⁷⁰ con la particularidad de que al estimarse el MCR en vez del SCR el nivel de confianza se reduce hasta el 90%.

Inicialmente se obtienen los factores de variación que se muestran en el Anexo 5.4.

Por la imposibilidad expuesta de discriminar por plazos los escenarios de variación del tipo de interés y considerando un rango medio de vencimientos de 7 a 12 años las variaciones únicas del tipo de interés se fijan finalmente en el 18% y -20%¹⁷¹.

¹⁷⁰ Véase apartado 3.3.

¹⁷¹ Supone considerar curvas planas con variaciones paralelas.

4. MODELOS INTERNOS: EL VAR¹⁷²

El cálculo del SCR puede efectuarse a partir de la fórmula estándar o mediante modelos internos. La medida utilizada para la calibración de la fórmula estándar es el VaR. Los modelos internos pueden calibrarse a partir de la misma medida o utilizar otras alternativas como el TailVaR.

4.1. Requisitos para la utilización de modelos internos

La directiva de Solvencia II¹⁷³ prevé la posibilidad de utilizar modelos internos para la determinación del SCR.

Se regulan los siguientes aspectos:

- Pueden ser modelos totales o parciales, y, en éste caso, según riesgo o unidad de negocio. Por tanto, sería admisible la utilización de un modelo interno que afecte únicamente al cálculo del SCR por riesgo de tipo de interés. De tratarse de modelos internos parciales deberá justificarse el alcance limitado.
- Requiere aprobación por parte del supervisor en un período de 6 meses desde que se reciba su solicitud completa. Igualmente se requerirá aprobación por parte del supervisor sobre los cambios mayores.
- La entidad debe disponer de sistemas sólidos de identificación, cuantificación, seguimiento y gestión de riesgos.
- El Consejo de Administración es responsable de la aprobación del modelo interno, sus cambios mayores, y la implantación de sistemas que garanticen de forma permanente su buen funcionamiento.
- Salvo causa justificada y aprobación del supervisor no es posible la reversión a la fórmula estándar.
- Si se incumple de forma material el modelo interno se deberá presentar un plan de subsanación. El supervisor podrá requerir la reversión a la fórmula estándar.
- Si los riesgos subyacentes de la entidad aseguradora son muy diferentes a las hipótesis subyacentes en la fórmula estándar, el supervisor podrá de forma motivada obligar a la entidad a aplicar un modelo interno, total o parcial.
- El modelo interno debe mejorar los sistemas de gestión de riesgos (prueba de utilización).

¹⁷² Value at Risk (Valor en Riesgo).

¹⁷³ Artículos 112 y siguientes.

- Se establecen normas de calidad estadística que engloban varios aspectos: datos exactos, completos, apropiados y actuales; distribución de probabilidad fiable; métodos estadísticos y actuariales sólidos; consistencia con las provisiones técnicas; consideración de al menos los riesgos de la fórmula estándar; hipótesis realistas. Los extremos anteriores deben justificarse al supervisor.
- Deberá utilizarse un sistema de calibración equivalente al considerado en la fórmula estándar.
- La entidad deberá identificar y cuantificar los riesgos que explican los beneficios y las pérdidas. Deberán revisarse al menos anualmente.
- Se deberá validar regularmente el modelo garantizando que el capital resultante es apropiado.
- Finalmente se establecen normas de documentación del modelo sobre los aspectos anteriores.

4.2. VaR

a) Concepto e hipótesis

El VaR representa la pérdida máxima esperada en el valor de un activo¹⁷⁴ durante un período de tiempo y para un nivel de confianza determinados, bajo condiciones normales de mercado.

Se requiere por tanto la definición previa de dos hipótesis: período de tiempo y nivel de confianza.

En relación al período de tiempo, deberán considerarse varios factores:

- Liquidez de posiciones, que dependerá de cuál sea el período necesario para realizar los activos que componen la cartera en el mercado en que se negocian.
- Validación del modelo. Un test sólo es fiable si está compuesto por una gran cantidad de datos. Si suponemos por ejemplo que el modelo es fiable cuando utiliza 1.000 datos, para la validación del VaR diario se necesitan datos de aproximadamente 4 años. Si se utiliza el VaR para dos semanas de negociación son precisos datos de más de 40 años para validar el modelo¹⁷⁵.

¹⁷⁴ El ámbito puede extenderse a un pasivo, o una cartera de activos o pasivos, o a una entidad aseguradora.

¹⁷⁵ La utilización de datos solapados generaría correlación móvil.

- Cuando se considera un período de tiempo de cálculo del VaR elevado, es más probable que la composición de la cartera se haya modificado en el período que media entre las fechas de cálculo y su validación. Cuando se halla el VaR diario el riesgo anterior se minimiza.
- El precio de un activo, en general, no puede ser negativo. En el mismo sentido, la rentabilidad no puede ser inferior a -1. Si se supone que tales variables siguen una distribución normal, podrían darse las situaciones anteriores. La forma de evitarlo es considerar otras distribuciones (por ejemplo la distribución logarítmico-normal) o estimar la pérdida para un período de tiempo reducido.

Los aspectos anteriores justifican la práctica habitual de cálculo del VaR diario por parte de las entidades financieras, sin perjuicio de que, posteriormente, a partir del mismo, se determine el VaR para el período estipulado por el regulador a efectos de requerimientos de capital.

Otras magnitudes temporales que intervienen en el cálculo del VaR son el período de observación que determina el tamaño de la muestra de partida o su frecuencia de cálculo.

Solvencia II establece un período de tiempo de 1 año.

En relación al nivel de confianza debe buscarse un equilibrio entre la necesidad de garantizar la solvencia de las entidades financieras y la no penalización por exigencia de excesivos requisitos de capital.

Otros aspectos que afectan son el grado de aversión al riesgo de la entidad, el coste de exceso de pérdidas, o la necesidad de disponer de datos para verificar las estimaciones (por ejemplo, en el VaR calculado con un 99,5% de probabilidad deberemos esperar 200 días para verificar si se produce, según lo previsto, un solo exceso, o ninguno, o mayor número de excesos).

Solvencia II establece unos niveles de confianza del 99,5% y 85% para el SCR y MCR respectivamente.

b) Método de varianzas-covarianzas

Es un método analítico o paramétrico porque requiere la estimación de al menos un parámetro (desviación típica) y se basa en una distribución teórica.

El planteamiento del método de varianzas-covarianzas considera que la variación relativa del valor actual de los activos o pasivos sigue una distribución normal. También asume que la exposición a los factores de riesgo es lineal. Ambas características hacen que algunos autores denominen a este método Delta-Normal.

El VaR se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$VaR = -coef \cdot \sigma + \mu$$

Donde:

coef: variable normal estándar

σ : desviación típica de la variación de valor

μ : media de la variación de valor

Mientras que el nivel de confianza se considera en el coeficiente o variable normal estándar, el período de tiempo está implícito en los estadísticos de la media y la desviación típica.

Por ejemplo, con un nivel de confianza del 95% la pérdida anual máxima esperada de un activo que vale en el mercado 100.000 € y cuya rentabilidad anual sigue una distribución normal de media 3% y desviación típica 5%, será 5.224,50 €:

$$VaR = -1,64 \cdot 5.000 + 3.000 = -5.224,50 \text{ €}$$

-1,64 es el valor de una variable normal estándar que deja a su izquierda una masa de probabilidad del 5% y a su derecha el 95% restante.

Aunque en los cálculos es recomendable no modificar el signo, por coherencia conceptual suele expresarse de forma positiva la pérdida máxima esperada cuando se trata efectivamente de pérdida, y de forma negativa cuando se trata de beneficio.

Comparando la pérdida con el valor del activo se obtiene un VaR del -5,22%:

$$VaR = \frac{-5.224,50}{100.000} = -0,0522$$

Al mismo resultado se llega considerando como variable aleatoria a partir de la cual se calculan los estadísticos de la media y la desviación típica la rentabilidad en vez del rendimiento (producto de la rentabilidad y el valor del activo):

$$VaR = -1,64 \cdot 0,05 + 0,03 = -0,0522$$

Cuando se calcula el VaR para un período de tiempo reducido, por ejemplo un día, el valor esperado suele ser prácticamente nulo o, al menos, muy pequeño en relación a la desviación típica. Si, como es habitual, se considera la hipótesis de nulidad del valor esperado la metodología se simplifica al requerir únicamente un parámetro.

Existiendo una cartera compuesta por varios activos se deberá considerar la correlación entre ambos.

$$VaR_C = -coef \cdot \sigma_C + \mu_C$$

$$\sigma_C = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}$$

$$\mu_C = (\mu_1 + \mu_2)$$

Siendo:

VaR_C : VaR de la cartera

VaR_i : VaR del activo i

$coef$: variable normal estándar

σ_C : desviación típica de la variación de valor de la cartera

μ_C : media de la variación de valor de la cartera

σ_i : desviación típica de la variación de valor del activo i

μ_i : media de la variación de valor del activo i

ρ_{ij} : correlación entre las variaciones de valor de los activos i y j

Suponiendo medias nulas y sustituyendo:

$$VaR_C = -coef \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}$$

Si la correlación es perfecta y positiva (coeficiente igual a 1):

$$VaR_C = -coef \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) = VaR_1 + VaR_2$$

El VaR toma el valor máximo e igual a la suma de los VaR individuales. Al existir una correlación perfecta y positiva, la variación del valor actual de un activo en un sentido siempre va a ir acompañada de otra variación de igual signo e intensidad del otro activo, trasladándose el impacto total de todos los activos a la cartera. No existe diversificación alguna de riesgos.

Si la correlación es nula (coeficiente igual a 0):

$$VaR_C = -coef \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = -\sqrt{VaR_1^2 + VaR_2^2}$$

En este caso, cuando varían los tipos de interés para el plazo correspondiente al vencimiento de un activo, no se modifican (en ningún sentido) los tipos de interés correspondientes al vencimiento del otro activo. Al ser las variaciones de los valores actuales independientes entre sí el VaR de la cartera no es igual a la suma de los VaR individuales sino claramente inferior.

Si la correlación es perfecta y negativa (coeficiente igual a -1):

$$VaR_C = -coef \cdot |\sigma_1 - \sigma_2| = |VaR_1 - VaR_2|$$

Esta situación es ideal, ya que cuando los tipos de un plazo varían en un sentido los del otro varían en sentido contrario y con igual intensidad, con lo que los efectos se contrarrestan entre sí (total o parcialmente, dependiendo de las cuantías). De esta forma, la pérdida máxima esperada de un activo se verá contrarrestada con la del otro. La diferencia entre ambos en valor absoluto será la pérdida final esperada de la cartera.

Entre los tres supuestos anteriores caben situaciones de correlación positiva imperfecta y correlación negativa imperfecta.

Lo habitual es que los coeficientes de correlación de las rentabilidades entre dos plazos cualesquiera de la curva de interés sean positivos. El grado de correlación será normalmente tanto mayor cuanto menor diferencia exista entre los plazos considerados.

Si el VaR se calcula inicialmente bajo unas determinadas hipótesis (de período de tiempo y nivel de confianza) podrá posteriormente transformarse para otras hipótesis distintas mediante la siguiente expresión:

$$VaR_2 = [VaR_1 - \mu] \cdot \left(\frac{coef_2}{coef_1} \right) \cdot \sqrt{\frac{t_2}{t_1}} + \mu \cdot \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

En la expresión matemática anterior se observa que:

- El rendimiento esperado (media) varía proporcionalmente al tiempo y no se ve afectado por el nivel de confianza
- La volatilidad (desviación típica) varía proporcionalmente a la raíz cuadrada del tiempo y al nivel de confianza

Sólo se cumple la transformación anterior cuando las posiciones no cambian y la rentabilidad es una variable normal independiente e idénticamente distribuida. Si falta la hipótesis de normalidad, por aplicación del Teorema Central del Límite, la transformación ofrecerá resultados aceptables cuando el tamaño muestral es mayor que 30. Cuando se incumple la hipótesis de independencia la regla de proporcionalidad a la raíz cuadrada del tiempo sobrevalora (infravalora) las pérdidas cuando la autocorrelación es negativa (positiva).

A continuación se va a explicar la metodología de **Riskmetrics**, de aplicación generalizada para la determinación del VaR por riesgo de tipo de interés desde que fue publicada en 1996 por un grupo de bancos estadounidenses, liderados por J. P. Morgan.

Se pueden distinguir varias fases:

- FASE 1. Elección de la curva de interés

En primer lugar deberá elegirse una curva cupón cero de tipos de interés libre de riesgo. Es una curva discontinua ya que únicamente se conocen los tipos de interés correspondientes a determinados plazos o vértices.

- FASE 2. Histórico de curvas

A continuación deberá obtenerse una serie histórica de la curva elegida. Tanto la frecuencia como la amplitud de la serie deberán ser estadísticamente representativas en función del período de tiempo para el que se pretende estimar la pérdida.

- FASE 3. Factores de descuento

Por facilidad operativa, es conveniente transformar las curvas o series de tipos de interés en series de factores de descuento.

Un factor de descuento no es más que el valor actual de una unidad monetaria descontada al tipo de interés correspondiente al vértice de la curva en cuestión.

$$f_n = \frac{1}{(1+i_n)^n}$$

Donde:

f_n : factor de descuento correspondiente al vencimiento n
 i_n : tipo de interés correspondiente al vencimiento n
 n : vencimiento

También puede interpretarse el factor de descuento como el valor de mercado de un activo o pasivo cupón cero libre de riesgo con valor de reembolso unitario y vencimiento igual al plazo considerado.

- FASE 4. Variable estadística de variación relativa del factor de descuento

A partir de los factores de descuento se debe calcular la variación relativa del factor de descuento, que es la variable estadística que se va a utilizar en el cálculo del VaR.

Se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$R_{n+1} = \frac{f_{n+1} - f_n}{f_n}$$

Donde R_{n+1} representa la rentabilidad¹⁷⁶ que se produce entre el momento n y el momento $n+1$. Si por ejemplo la serie histórica tiene una frecuencia diaria de datos se obtendrán rentabilidades diarias.

- FASE 5. Cálculo de estadísticos de la variable

A partir del histórico de rentabilidades y para cada plazo o vértice de la curva se deberán hallar varios estadísticos (media, varianza, desviación típica, covarianza, y coeficiente de correlación). La covarianza y el coeficiente de correlación de cada variable deberán calcularse respecto a todas y cada una del resto de las variables, lo que supone hallar una matriz de covarianzas y otra de coeficientes de correlación¹⁷⁷.

- FASE 6. Cash-flow mapping

Cuando los flujos se devengan en plazos que coinciden con alguno de los vértices de la curva no aparece problema alguno. El problema se plantea cuando aparecen flujos de caja cuyo vencimiento no coincide exactamente con ningún vértice de la curva. En tales casos pueden adoptarse varias soluciones.

Una primera solución consistiría en interpolar las curvas de tipos de interés históricas en los plazos en los que se devengan los flujos de caja que no coinciden con ningún vértice de la curva. Así se obtendría un nuevo vértice de la curva de tipos de interés al que se asignaría el flujo de caja en cuestión. Puesto que no se dispone de una sola curva de tipos de interés sino de un histórico de curvas, para todas ellas deberá repetirse el proceso citado. A partir de las curvas interpoladas podrán calcularse los estadísticos necesarios. Este proceso puede requerir muchos cálculos, ya que los flujos pueden devengarse en muchas fechas intermedias a los vértices de la curva disponible, para cada una de las cuales deberían obtenerse, por interpolación, las respectivas curvas y estadísticos.

Una segunda solución consiste en imputar los flujos de caja a la curva de tipos de interés inicial. Cuando el flujo de caja se devenga a un vencimiento que no coincide con ningún vértice de la curva, dicho flujo deberá segregarse en dos importes. Uno se imputará al vértice anterior, y otro al vértice posterior. Este proceso, que es la alternativa que seguiremos, se conoce como cash-flow mapping.

¹⁷⁶ Es una rentabilidad porque representa la variación relativa de precios según la interpretación expuesta para los factores de descuento. Suele denominarse rentabilidad aritmética. En ocasiones se utiliza la rentabilidad geométrica que considera capitalización continua.

¹⁷⁷ Realmente sólo sería necesario hallar la matriz de varianzas-covarianzas o la matriz de correlaciones, ya que a partir de cualquiera de ellas puede hallarse el VaR.

Supongamos, por ejemplo, un flujo de caja de 100 que se devenga en el plazo 1,7 años. Dicho flujo no debe imputarse íntegramente ni al vértice 1 año ni al vértice 2 años, sino que deberá dividirse en dos importes que se distribuirán a los vértices anterior y posterior al momento de devengo del flujo original (un importe al vértice 1 año, y otro importe al vértice 2 años). Aplicando el criterio intuitivo de proporcionalidad al tiempo se imputará un flujo de 30 al vértice a 1 año y un flujo de 70 al vértice a 2 años.

Riskmetrics¹⁷⁸ propone un sistema de reparto más complejo con la finalidad de respetar las tres condiciones siguientes:

- Preservación del valor de mercado
- Preservación del riesgo
- Preservación del signo

Se construye una ecuación de segundo grado garantizando las dos primeras condiciones. Para garantizar la primera condición el valor actual del flujo de caja original debe ser igual al valor actual de los flujos de caja resultantes del proceso de mapping. La segunda condición supone una equivalencia entre las desviaciones típicas del flujo original y los flujos segregados. Finalmente, de las dos soluciones matemáticamente posibles, se elige la que se encuentre entre 0 y 1 para respetar la igualdad de signos entre los flujos resultantes y el flujo inicial.

El proceso de cash-flow mapping se generalizará para todos los flujos de caja y para todos los vértices de la curva de tipos de interés.

- FASE 7. Valor actual de flujos de caja imputados a cada vértice

En esta fase simplemente se calcula, en cada vértice de la curva de tipos de interés, el producto del flujo de caja resultante del proceso del mapping y el factor de descuento correspondiente a la fecha de la valoración.

Algunos autores diferencian entre cash-flow nominal y real para referirse al resultado del cash-flow mapping en términos de flujos de caja nominales (FASE 6) y de valor actual de tales flujos (FASE 7), respectivamente.

- FASE 8. Cálculo del VaR

Si sólo existieran flujos de caja (y valor actual) en un vértice de la curva el cálculo sería inmediato.

$$VaR_j = -coef \cdot P_j \cdot \sigma_j + P_j \cdot \mu_j$$

Donde:

VaR_j : VaR en el vértice j

¹⁷⁸ Apartado 6.2 de Riskmetrics.

coef: variable normal estándar

P_j : valor actual del flujo de caja en el vértice j

σ_j : desviación típica de la rentabilidad en el vértice j

μ_j : media de la rentabilidad en el vértice j

Disponemos del valor actual (FASE 7), la media y la desviación típica (FASE 5), y el coeficiente normal correspondiente al nivel de confianza considerado.

El VaR para los flujos de caja correspondientes a todos los vértices de la curva de interés se obtendrá de forma similar pero teniendo en cuenta la correlación existente entre dichos vértices de la curva.

Denominamos:

$[P]$: Vector de valores actuales de los flujos de caja de los vértices de la curva.

$[P]'$ es su vector traspuesto

$[\sigma]$: Matriz diagonal de desviaciones típicas de las rentabilidades de los vértices de la curva

$[\rho]$: Matriz de coeficientes de correlación de las rentabilidades de los vértices de la curva

$[\Sigma]$: Matriz de varianzas-covarianzas de las rentabilidades de los vértices de la curva

$[\mu]$: Vector de medias de las rentabilidades de los vértices de la curva

Que tienen las siguientes expresiones:

$$[P] = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \dots \\ P_n \end{bmatrix}$$

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \sigma_n \end{bmatrix}$$

$$[\rho] = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \dots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \dots & \rho_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$[\Sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22}^2 & \sigma_{23} & \dots & \sigma_{2n} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33}^2 & \dots & \sigma_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \sigma_{n3} & \dots & \sigma_{nn}^2 \end{bmatrix}$$

$$[\mu] = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \\ \dots \\ \mu_n \end{bmatrix}$$

El VaR se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$VaR = -coef \cdot \sqrt{[P] \cdot [\sigma] \cdot [\rho] \cdot [\sigma] \cdot [P]} + [P] \cdot [\mu]$$

Considerando la relación existente entre las matrices de varianzas-covarianzas y correlaciones se obtiene una nueva expresión del VaR.

$$[\Sigma] = [\sigma] \cdot [\rho] \cdot [\sigma]$$

$$VaR = -coef \cdot \sqrt{[P] \cdot [\Sigma] \cdot [P]} + [P] \cdot [\mu]$$

Operando también puede obtenerse el VaR total a partir de los diferentes VaR individuales para cada vértice de la curva.

$$VaR = \sqrt{[VaR] \cdot [\rho] \cdot [VaR]} + [P] \cdot [\mu]$$

Siendo:

$$[VaR] = \begin{bmatrix} VaR_1 - P_1 \cdot \mu_1 \\ VaR_2 - P_2 \cdot \mu_2 \\ VaR_3 - P_3 \cdot \mu_3 \\ \dots \\ VaR_n - P_n \cdot \mu_n \end{bmatrix}$$

Aunque el método parte de un planteamiento teórico elemental que facilita su aplicación práctica, presenta como inconveniente que no siempre la distribución real se comporta como una distribución normal (riesgo de modelización).

En el Gráfico 5.5 se muestra una comparativa entre las distribuciones normal y empírica.

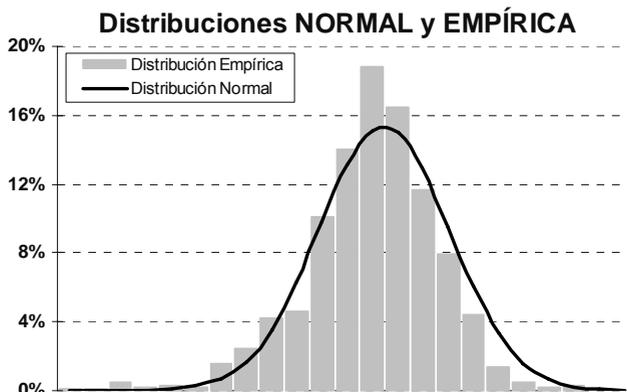


Gráfico 5.5 – Distribuciones Normal y Empírica

Se observan tres diferencias en la distribución empírica respecto a la normal:

- Colas más gruesas
- Apuntamiento mayor en torno a la media
- Asimetría izquierda de la distribución

La consecuencia principal de tales diferencias es que el método de varianzas-covarianzas infraestima las pérdidas reales. Por tanto, los requerimientos de capital pueden ser insuficientes generando serios problemas de solvencia en situaciones de crisis.

Las principales alternativas utilizadas para solventar el problema consideran otras distribuciones de probabilidad con colas más gruesas a la normal (T de Student, mixtura de distribuciones normales, distribución de error generalizada, distribución generalizada de valores extremos, o distribución estable de Pareto, entre otras).

c) Método de simulación histórica

El método de simulación histórica o método empírico estima los rendimientos futuros de los flujos de caja a partir de los rendimientos históricos observados en el período de referencia. Se considera por tanto que el comportamiento pasado de los tipos de interés replica adecuadamente su comportamiento futuro. Es un método no paramétrico ya que no requiere la estimación de ningún parámetro ni se basa en ninguna distribución teórica.

A partir de la serie histórica de curvas de interés se deducen las variaciones de los valores actuales de los flujos de caja que se hubiesen producido en caso de

repetirse las diferentes experiencias pasadas. El VaR se obtendrá mediante el percentil de la distribución obtenida según el nivel de confianza considerado.

La ventaja principal del método es que no depende de ninguna hipótesis de distribución teórica de los rendimientos. Por tanto, permite tener en cuenta colas gruesas. No es preciso estimar estadístico alguno y es un método muy fácil de implantar. Su principal inconveniente es que presenta una gran dependencia del período de observación elegido y la frecuencia de sus datos.

d) *Método de simulación Montecarlo*

Es un método empírico y paramétrico. Requiere la estimación de determinados parámetros a partir de la muestra histórica de referencia y estima la pérdida mediante una distribución teórica de probabilidad multivariante¹⁷⁹.

También puede estructurarse en varias fases:

- FASE 1. Generación de números aleatorios

En primer lugar se generan números aleatorios entre 0 y 1, que se interpretan como probabilidades. Cada simulación supondrá la generación de tantos números aleatorios como vértices tenga la curva de tipos de interés.

- FASE 2. Variables normales estándar (independientes)

A partir de las probabilidades generadas se obtienen sus respectivas variables normales estándar vinculadas.

Si los números generados en la FASE 1 son verdaderamente aleatorios los coeficientes normales obtenidos serán independientes.

- FASE 3. Variables normales estándar (correlacionadas)

Puesto que los tipos de interés correspondientes a los diferentes vértices de la curva de tipos de interés están correlacionados, habrá que convertir las variables normales independientes en correlacionadas.

Dicho proceso puede realizarse mediante la transformación de Cholesky.

La descomposición de Cholesky permite obtener la matriz de correlaciones mediante el producto de una matriz triangular $[A]$ y su matriz transpuesta $[A]'$:

$$[\rho] = [A] \cdot [A]'$$

¹⁷⁹ Existe una extensa bibliografía sobre modelización estocástica del tipo de interés.

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \dots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \dots & \rho_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & \dots & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & A_{n3} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & \dots & A_{n1} \\ 0 & A_{22} & A_{32} & \dots & A_{n2} \\ 0 & 0 & A_{33} & \dots & A_{n3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & A_{nn} \end{bmatrix}$$

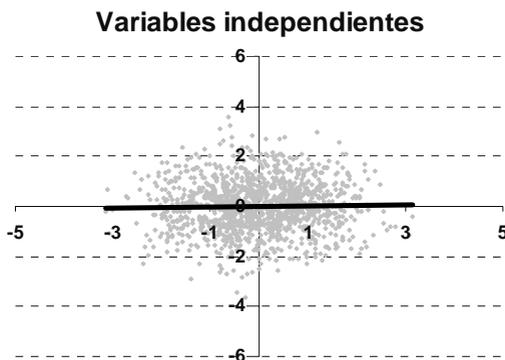
La correlación de las variables normales estándar independientes se realiza mediante la siguiente expresión:

$$[W^*] = [A] \cdot [W]$$

Donde:

- [A]: Matriz triangular obtenida de la descomposición de Cholesky
- [W]: Vector de variables normales estándar independientes
- [W*]: Vector de variables normales estándar correlacionadas

En el Gráfico 5.6 se muestra una comparativa entre una serie de variables normales estándar independientes y correlacionadas.



Variables correlacionadas

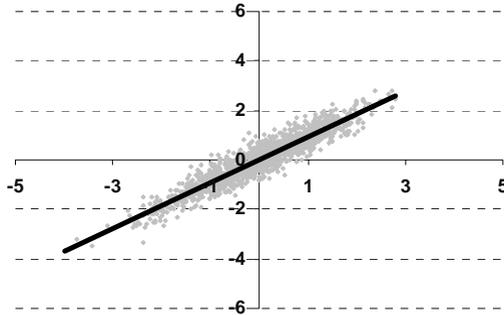


Gráfico 5.6 – Variables independientes y correlacionadas

- FASE 4: VaR en cada vértice de la curva

La pérdida estimada en los flujos de caja correspondientes a cada vértice de la curva de tipos de interés se obtendrá mediante la expresión general conocida:

$$VaR_j = -coef \cdot P_j \cdot \sigma_j + P_j \cdot \mu_j$$

Los parámetros de la media y la desviación típica se habrán estimado tal y como se expuso en el método de varianzas-covarianzas¹⁸⁰. El valor actual del flujo de caja será el obtenido del proceso de cash-flow mapping real¹⁸¹. El coeficiente normal será el obtenido en la FASE 3 anterior.

- FASE 5: VaR total en cada simulación

Se obtendrá mediante la suma simple de los VaR obtenidos en cada uno de los vértices de la curva de interés. Nótese que las correlaciones ya se han tenido en cuenta implícitamente en los coeficientes normales.

- FASE 6: Distribución de probabilidad

Realizando un número suficiente de simulaciones se obtiene una distribución de probabilidad apropiada. Cuanto mayor sea el número de simulaciones menor será el rango de variabilidad de los resultados.

¹⁸⁰ Véase FASE 5 apartado 4.2.a).

¹⁸¹ Véase FASE 7 apartado 4.2.a).

- FASE 7: VaR final

El VaR final se obtiene mediante el percentil de la distribución de probabilidad generada según el nivel de confianza considerado.

Mientras que en el método de simulación histórica se considera únicamente una trayectoria de rentabilidades (la observada en el período de referencia), en el método de simulación montecarlo pueden considerarse tantas trayectorias como se desee. Para evitar el problema de colas gruesas observado en el método de varianzas-covarianzas resulta igualmente necesario incorporar factores de ajuste. Dos inconvenientes destacables del método son la lentitud en la aplicación práctica al requerirse un elevado número de simulaciones, y la habitual utilización de generadores de números pseudoaleatorios.

e) *Volatilidad*

Es la variable más determinante en la estimación de las pérdidas. De ahí que la investigación haya proporcionado diversidad de métodos de cálculo.

Tradicionalmente la volatilidad ha sido estimada mediante la desviación típica de la serie empírica de datos.

Solvencia II recomienda la volatilidad implícita sobre la volatilidad histórica. Por tanto, utilizando los diferentes modelos matemáticos de valoración de instrumentos financieros deberá deducirse la volatilidad implícita en su precio de mercado observable. Por ejemplo, si se dispone del precio de mercado de opciones cotizadas podrá deducirse la volatilidad implícita del activo subyacente aplicando el modelo de Black-Scholes. Su principal ventaja respecto a la volatilidad histórica es la mayor rapidez de adaptación a las expectativas del mercado.

Por su parte, Riskmetrics recomienda la utilización de volatilidad histórica por el método de medias móviles ponderadas exponencialmente¹⁸². Es un método en el que la desviación típica se obtiene a partir de una muestra variable donde la ponderación de sus componentes varía. Se pondera más a las observaciones más recientes, y menos a las observaciones más lejanas, siguiendo una tendencia exponencial. Se considera un factor de decaimiento que determina la variación exponencial del factor de ponderación. Este método ofrece un tratamiento muy adecuado de las observaciones extremas al suavizar su salida de la muestra (ponderación mínima) y acelerar su incorporación a la muestra (ponderación elevada). El Gráfico 5.7 muestra tales comportamientos.

¹⁸² Exponentially Weighted Moving Average (EWMA).

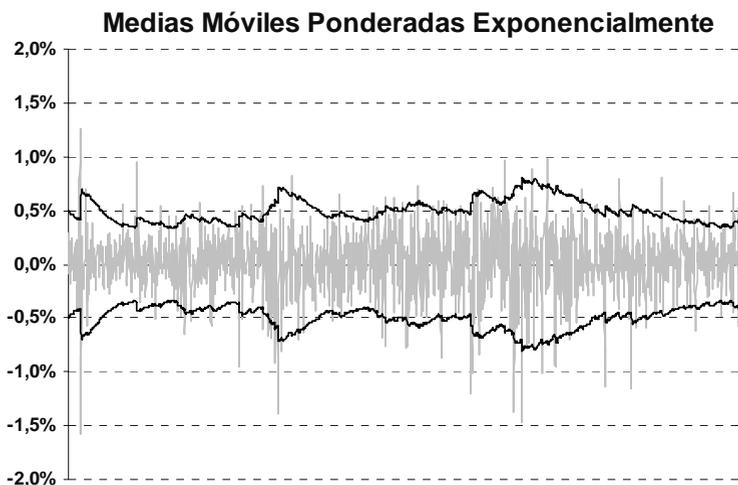


Gráfico 5.7 – Volatilidad según EWMA

La familia de los métodos GARCH¹⁸³ son una nueva y amplia aportación a la estimación de la volatilidad histórica. Cuatro características le dan nombre:

- Heterocedástico: la volatilidad se considera variable en el tiempo.
- Condicional: su estimación está condicionada a los valores históricos de la rentabilidad media y la volatilidad.
- Auto-Regresivo: son modelos regresivos porque estiman la volatilidad mediante una regresión lineal de varias variables, y son auto-regresivos porque una (o varias) de tales variables es la propia volatilidad estimada en períodos anteriores, también de forma auto-regresiva.
- Generalizado: engloba a un conjunto de modelos¹⁸⁴.

f) *Stress testing*

El VaR calcula la pérdida máxima esperada, para un nivel de confianza determinado, en condiciones normales de mercado. Por tanto, no se tienen en cuenta los acontecimientos extraordinarios.

El stress testing es una metodología que complementa (no sustituye) el VaR al estimar la pérdida en base a acontecimientos extraordinarios. Mediante un análisis por escenarios se estima cuál sería la pérdida ante acontecimientos extremos del mercado. La definición de tales escenarios es el principal obstáculo que se plantea. Lo habitual es estudiar valores extremos ya ocurridos

¹⁸³ Generalized Autor-Regresive Conditional Heterocedastic.

¹⁸⁴ GARCH(p,q), LGARCH, MGARCH, IGARCH, EGARCH, AGARCH, entre otros.

en el pasado (crisis históricas) o efectuar hipótesis respecto a posibles situaciones futuras.

g) Back testing

Es el proceso de validación del modelo. La metodología más sencilla consiste en contrastar si el número de veces que las pérdidas reales exceden a la pérdida estimada por el VaR es superior o no al correspondiente al nivel de confianza utilizado.

Así, por ejemplo, si se calcula el VaR para un nivel de confianza del 95%, se espera que cada 20 días se produzca una pérdida que exceda al importe que refleja el VaR (el 5% de 20 días es 1 día). Si el VaR se calcula para un 99% de probabilidad, se espera que cada 100 días se produzca un exceso (el 1% de 100 días es 1 día). Así se puede conocer si el número de excesos es igual, superior, o inferior al esperado.

Mediante este test de validación puede concluirse si el modelo proporciona pérdidas adecuadas o, por el contrario, infravalora o sobrevalora tales pérdidas. Especialmente preocupante puede ser la primera situación ya que se estarían estimando unos requerimientos de capital insuficientes lo que puede generar graves problemas de solvencia a la entidad en situaciones de crisis. En tal caso deberá corregirse la estimación del VaR aplicando un coeficiente multiplicador.

h) TailVaR

El TailVaR tiene diversas denominaciones: VaR en la cola de la distribución¹⁸⁵, VaR condicional¹⁸⁶, o pérdida más allá del VaR¹⁸⁷, entre otras.

Si se calcula por ejemplo el VaR diario para un 95% de probabilidad, el valor estimado equivale al nivel de pérdidas esperado en 1 día de cada 20. Si las previsiones se cumplen, en alguno de los próximos 20 días se producirán pérdidas de magnitud superior al VaR, aunque desconocemos a priori si tales pérdidas serán ligeramente superiores o muy superiores al VaR. De ahí que resulte interesante no sólo determinar el nivel exacto de pérdidas en un nivel de confianza determinado sino la estimación de las pérdidas esperadas condicionado a la hipótesis de que se alcanza el VaR. Así, el TailVaR no mide solamente la probabilidad de ruina sino también la severidad de las pérdidas. Aunque el TailVaR es siempre superior al VaR para unas mismas hipótesis, el diferencial disminuye a medida que incrementa el nivel de confianza de cálculo.

¹⁸⁵ Expected Tail Loss, ETL.

¹⁸⁶ Conditional Loss, Conditional VaR, CVaR.

¹⁸⁷ Beyond VaR, BVaR.

Como ventaja sobre el VaR debe mencionarse que cumple la propiedad de subaditividad¹⁸⁸. Un inconveniente destacable del TailVaR es que puede ser difícilmente generalizable al sustentarse en datos escasos que, por tanto, carecen de representatividad estadística.

5. EJEMPLOS

5.1. Ejemplo 1

En el Anexo 5.5 se refleja la estructura de flujos de caja de una entidad aseguradora así como la curva de tipos de interés.

Se pretende cuantificar el riesgo de tipo de interés mediante la estimación de la pérdida máxima esperada en un año y con un nivel de confianza del 99,5%.

Para el método de varianzas-covarianzas se ha considerado el evolutivo diario de la curva de interés durante el último año, resultando los estadísticos que se muestran en el Anexo 5.6 (desviaciones típicas, matriz de varianzas-covarianzas, y matriz de correlaciones).

Se consideran medias nulas.

En el Anexo 5.7 se muestran, por vértices de la curva, los flujos de caja, sus valores actuales, los respectivos VaR individuales, y el VaR diario final. Al considerar las correlaciones entre los diferentes vértices de la curva el VaR final se reduce.

El método de simulación histórica estima la pérdida mediante el percentil 0,5 de la distribución empírica.

El método de simulación Montecarlo ha considerado 10.000 simulaciones¹⁸⁹ para la generación de la función de distribución. Al igual que en el método anterior se estima el VaR mediante el percentil 0,5.

El Anexo 5.8 muestra el cálculo del SCR según la metodología por escenarios prevista para el QIS 3 y QIS4.

El Anexo 5.9 muestra el cálculo del SCR según la metodología por escenarios prevista para el QIS 5.

El Anexo 5.10 muestra el MCR según la metodología de duraciones.

¹⁸⁸ La subaditividad significa que la pérdida de la cartera será igual o inferior a la suma de las pérdidas de los activos que la componen, con independencia de la distribución de probabilidad de las pérdidas.

¹⁸⁹ El resultado varía de unas simulaciones a otras por el factor de aleatoriedad de los números generados. La convergencia del resultado solo aparece con un número muy elevado de simulaciones.

La Tabla 5.4 recoge los resultados obtenidos para los diferentes métodos, en términos absolutos y relativos (sobre el valor de la cartera y sobre el valor de los pasivos).

	Pérdida estimada		
	Absoluta	% Cartera	% Pagos
Varianzas-covarianzas	-35.294	-24,51%	4,93%
Simulación histórica	-42.191	-29,30%	5,89%
Simulación montecarlo	-39.316	-27,30%	5,49%
SCR QIS3 y QIS4	-57.228	-39,74%	7,99%
SCR QIS5	-49.030	-34,05%	6,84%
MCR	-31.775	-22,06%	4,44%

Tabla 5.4 – Comparativa del VaR por métodos (Ejemplo 1)

En los tres primeros métodos las pérdidas anuales se han obtenido a partir del VaR diario según la función de transformación normal. En los tres métodos restantes el proceso de calibración ya considera un período anual.

El nivel de confianza considerado en todos los casos es el 99,5%, con la única salvedad del MCR que se calibra con un nivel de confianza del 90%. De ahí que la pérdida resultante sea significativamente inferior.

Se confirma cómo el método de varianzas-covarianzas infraestima las pérdidas, lo que aconseja la incorporación de mecanismos de ajuste. Por otra parte también se aprecian los márgenes prudenciales implícitos en el SCR de la fórmula estándar de los diferentes QIS.

La pérdida estimada podría alcanzar el 40% del valor de la cartera (valor de los activos menos valor de los pasivos) lo que representa un 8% del valor de los pasivos.

5.2. Ejemplo 2

Para el ejemplo analizado en el sistema de inmunización por duraciones¹⁹⁰ se va a realizar una comparativa del requerimiento de capital por riesgo de tipo de interés según los diferentes métodos expuestos.

En el Anexo 5.11 se muestran los datos de partida del ejemplo.

El Anexo 5.12 refleja el VaR por el método de varianzas-covarianzas.

El Anexo 5.13 muestra el cálculo del SCR según la metodología por escenarios prevista para el QIS 3 y QIS4.

¹⁹⁰ Véase capítulo 4.

El Anexo 5.14 muestra el cálculo del SCR según la metodología por escenarios prevista para el QIS 5.

Finalmente, el Anexo 5.15 refleja el MCR según la metodología de duraciones.

En la Tabla 5.5 se muestran los resultados.

	Pérdida estimada		
	Absoluta	% Cartera	% Pagos
Varianzas-covarianzas	-43.877	-24,11%	1,18%
Simulación histórica	-67.250	-36,95%	1,81%
Simulación montecarlo	-51.888	-28,51%	1,39%
SCR QIS3 y QIS4	-53.971	-29,65%	1,45%
SCR QIS5	-53.178	-29,22%	1,43%
MCR	-31.166	-17,12%	0,84%

Tabla 5.5 – Comparativa del VaR por métodos (Ejemplo 2)

Por simplificación se han considerado los mismos estadísticos del ejemplo 1 (Anexo 5.6).

Las conclusiones expuestas en el ejemplo 1 en cuanto a la comparativa entre métodos resultan aquí igualmente aplicables.

Por otra parte, según se expuso en el capítulo 4, la estructura de flujos (cobro y pago) descrita está razonablemente inmunizada ante el riesgo de tipo de interés. Aunque la pérdida estimada podría llegar a absorber hasta el 37% del superávit de la cartera, dicho importe únicamente representa un 1,81% del valor de los compromisos de la entidad. Comparando tales resultados con los del ejemplo 1 (cartera no inmunizada) se observa que el riesgo de tipo de interés es aquí significativamente inferior.

**Anexo 5.1 – Escenarios de variación de tipos de interés
(Metodología de escenarios: SCR QIS 3 y 4)**

Año	v ₁	v ₂
1	94%	-51%
2	77%	-47%
3	69%	-44%
4	62%	-42%
5	56%	-40%
6	52%	-38%
7	49%	-37%
8	46%	-35%
9	44%	-34%
10	42%	-34%
11	42%	-34%
12	42%	-34%
13	42%	-34%
14	42%	-34%
15	42%	-34%
16	41%	-33%
17	40%	-33%
18	39%	-32%
19	38%	-31%
20	37%	-31%
21	37%	-31%
22	37%	-31%
23	37%	-31%
24	37%	-31%
25	37%	-31%
26	37%	-31%
27	37%	-31%
28	37%	-31%
29	37%	-31%
30	37%	-31%

**Anexo 5.2 – Escenarios de variación de tipos de interés
(Metodología de escenarios revisada: SCR QIS 5)**

Año	v ₁	v ₂
0,25	70%	-75%
0,5	70%	-75%
1	70%	-75%
2	70%	-65%
3	64%	-56%
4	59%	-50%
5	55%	-46%
6	52%	-42%
7	49%	-39%
8	47%	-36%
9	44%	-33%
10	42%	-31%
11	39%	-30%
12	37%	-29%
13	35%	-28%
14	34%	-28%
15	33%	-27%
16	31%	-28%
17	30%	-28%
18	29%	-28%
19	27%	-29%
20	26%	-29%
21	26%	-29%
22	26%	-30%
23	26%	-30%
24	26%	-30%
25	26%	-30%
30	25%	-30%

Anexo 5.3 – Comparativa de escenarios de variación de tipos de interés

Año	QIS 4		Deuda Euro		Deuda Inglesa		Euroswap		Liborswap		QIS 5	
	V ₁	V ₂										
0,25							78%	-77%	47%	-74%	70%	-75%
0,5							73%	-74%	52%	-71%	70%	-75%
1	94%	-51%	86%	-79%	55%	-87%	79%	-69%	59%	-66%	70%	-75%
2	77%	-47%	85%	-65%	53%	-73%	83%	-59%	58%	-63%	70%	-65%
3	69%	-44%	78%	-54%	50%	-63%	75%	-55%	54%	-54%	64%	-56%
4	62%	-42%	70%	-49%	49%	-56%	68%	-50%	50%	-47%	59%	-50%
5	56%	-40%	64%	-45%	49%	-50%	61%	-46%	46%	-43%	55%	-46%
6	52%	-38%	60%	-41%	47%	-46%	57%	-43%	43%	-39%	52%	-42%
7	49%	-37%	58%	-38%	44%	-42%	55%	-39%	39%	-36%	49%	-39%
8	46%	-35%	55%	-35%	41%	-39%	53%	-37%	37%	-33%	47%	-36%
9	44%	-34%	53%	-33%	37%	-36%	52%	-34%	34%	-31%	44%	-33%
10	42%	-34%	51%	-31%	34%	-33%	50%	-32%	32%	-29%	42%	-31%
11	42%	-34%	49%	-29%	30%	-31%					39%	-30%
12	42%	-34%	47%	-28%	26%	-31%					37%	-29%
13	42%	-34%	45%	-27%	23%	-31%					35%	-28%
14	42%	-34%	43%	-27%	23%	-31%					34%	-28%
15	42%	-34%	42%	-27%	22%	-31%	44%	-28%	24%	-23%	33%	-27%
16	41%	-33%			21%	-32%					31%	-28%
17	40%	-33%			21%	-32%					30%	-28%
18	39%	-32%			20%	-32%					29%	-28%
19	38%	-31%			20%	-32%					27%	-29%
20	37%	-31%			20%	-33%	40%	-33%	19%	-21%	26%	-29%
21	37%	-31%			19%	-33%					26%	-29%
22	37%	-31%			19%	-33%					26%	-30%
23	37%	-31%			19%	-34%					26%	-30%
24	37%	-31%			21%	-43%					26%	-30%
25	37%	-31%			23%	-49%					26%	-30%
30	37%	-31%					36%	-41%	15%	-22%	25%	-30%

**Anexo 5.4 – Escenarios de variación de tipos de interés
(Metodología de duraciones corregidas: MCR QIS 3 inicial)**

Año	v ₁	v ₂
1	37%	-31%
2	31%	-28%
3	28%	-26%
4	25%	-25%
5	23%	-23%
6	21%	-22%
7	20%	-21%
8	19%	-21%
9	18%	-20%
10	17%	-20%
11	17%	-20%
12	17%	-20%
13	17%	-20%
14	17%	-20%
15	17%	-20%
16	17%	-19%
17	17%	-19%
18	16%	-19%
19	16%	-18%
20	16%	-18%
21	15%	-18%
22	15%	-18%
23	15%	-18%
24	15%	-18%
25	15%	-18%
26	15%	-18%
27	15%	-18%
28	15%	-18%
29	15%	-18%
30	15%	-18%

**Anexo 5.5 – Flujos de caja y curva de interés
(Ejemplo 1)**

Curva	Interés	Cobros	Pagos
1A	2,374%	86.200	-25.051
2A	2,621%	269.500	-40.000
3A	2,836%	108.000	-46.267
4A	3,019%	102.000	-51.033
5A	3,182%	94.000	-57.603
6A	3,341%	60.000	-68.027
7A	3,489%	0	-77.666
8A	3,622%	130.000	-95.024
9A	3,736%	0	-116.092
10A	3,836%	150.000	-124.413
15A	4,194%	0	-77.160
20A	4,428%	0	-121.942
30A	4,581%	0	-255.270

**Anexo 5.6 – Estadísticos (desviaciones típicas y matriz de varianzas-covarianzas)
(Ejemplos 1 y 2)**

1A	2A	3A	4A	5A	6A	...
0,0279%	0,0793%	0,1284%	0,1706%	0,2071%	0,2353%	...

7A	8A	9A	10A	15A	20A	30A
0,2621%	0,2808%	0,2994%	0,3281%	0,4799%	0,5967%	0,8461%

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	...
1A	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0001%	...
2A	0,0000%	0,0001%	0,0001%	0,0001%	0,0002%	0,0002%	...
3A	0,0000%	0,0001%	0,0002%	0,0002%	0,0003%	0,0003%	...
4A	0,0000%	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0003%	0,0004%	...
5A	0,0000%	0,0002%	0,0003%	0,0003%	0,0004%	0,0005%	...
6A	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0004%	0,0005%	0,0006%	...
7A	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0004%	0,0005%	0,0006%	...
8A	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0004%	0,0005%	0,0006%	...
9A	0,0001%	0,0002%	0,0003%	0,0005%	0,0006%	0,0007%	...
10A	0,0001%	0,0002%	0,0004%	0,0005%	0,0006%	0,0007%	...
15A	0,0001%	0,0003%	0,0005%	0,0007%	0,0009%	0,0010%	...
20A	0,0001%	0,0003%	0,0006%	0,0007%	0,0010%	0,0011%	...
30A	0,0001%	0,0005%	0,0008%	0,0011%	0,0014%	0,0016%	...

	7A	8A	9A	10A	15A	20A	30A
1A	0,0001%	0,0001%	0,0001%	0,0001%	0,0001%	0,0001%	0,0001%
2A	0,0002%	0,0002%	0,0002%	0,0002%	0,0003%	0,0003%	0,0005%
3A	0,0003%	0,0003%	0,0003%	0,0004%	0,0005%	0,0006%	0,0008%
4A	0,0004%	0,0004%	0,0005%	0,0005%	0,0007%	0,0007%	0,0011%
5A	0,0005%	0,0005%	0,0006%	0,0006%	0,0009%	0,0010%	0,0014%
6A	0,0006%	0,0006%	0,0007%	0,0007%	0,0010%	0,0011%	0,0016%
7A	0,0007%	0,0007%	0,0008%	0,0008%	0,0011%	0,0013%	0,0017%
8A	0,0007%	0,0008%	0,0008%	0,0009%	0,0012%	0,0014%	0,0019%
9A	0,0008%	0,0008%	0,0009%	0,0009%	0,0013%	0,0016%	0,0021%
10A	0,0008%	0,0009%	0,0009%	0,0011%	0,0014%	0,0016%	0,0023%
15A	0,0011%	0,0012%	0,0013%	0,0014%	0,0023%	0,0026%	0,0032%
20A	0,0013%	0,0014%	0,0016%	0,0016%	0,0026%	0,0036%	0,0040%
30A	0,0017%	0,0019%	0,0021%	0,0023%	0,0032%	0,0040%	0,0072%

**Anexo 5.6 – Estadísticos (matriz de correlaciones) (continuación)
(Ejemplos 1 y 2)**

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	...
1A	100,00%	89,19%	92,19%	82,44%	85,91%	83,96%	...
2A	89,19%	100,00%	94,76%	94,53%	94,78%	93,02%	...
3A	92,19%	94,76%	100,00%	93,48%	96,19%	94,10%	...
4A	82,44%	94,53%	93,48%	100,00%	97,97%	95,85%	...
5A	85,91%	94,78%	96,19%	97,97%	100,00%	97,73%	...
6A	83,96%	93,02%	94,10%	95,85%	97,73%	100,00%	...
7A	81,99%	90,13%	90,14%	92,09%	93,50%	92,71%	...
8A	80,62%	89,62%	90,05%	91,76%	93,99%	94,35%	...
9A	79,04%	87,82%	88,34%	90,62%	92,58%	93,06%	...
10A	78,02%	87,42%	89,13%	90,80%	93,62%	93,40%	...
15A	78,45%	77,56%	85,20%	80,13%	85,93%	85,79%	...
20A	72,41%	70,85%	76,38%	73,60%	78,17%	78,77%	...
30A	54,47%	71,79%	69,55%	78,83%	79,63%	80,92%	...

	7A	8A	9A	10A	15A	20A	30A
1A	81,99%	80,62%	79,04%	78,02%	78,45%	72,41%	54,47%
2A	90,13%	89,62%	87,82%	87,42%	77,56%	70,85%	71,79%
3A	90,14%	90,05%	88,34%	89,13%	85,20%	76,38%	69,55%
4A	92,09%	91,76%	90,62%	90,80%	80,13%	73,60%	78,83%
5A	93,50%	93,99%	92,58%	93,62%	85,93%	78,17%	79,63%
6A	92,71%	94,35%	93,06%	93,40%	85,79%	78,77%	80,92%
7A	100,00%	97,25%	97,62%	94,78%	86,36%	83,18%	78,80%
8A	97,25%	100,00%	98,35%	97,13%	88,81%	83,03%	81,56%
9A	97,62%	98,35%	100,00%	96,07%	88,74%	87,40%	83,23%
10A	94,78%	97,13%	96,07%	100,00%	91,30%	84,12%	83,93%
15A	86,36%	88,81%	88,74%	91,30%	100,00%	91,21%	78,71%
20A	83,18%	83,03%	87,40%	84,12%	91,21%	100,00%	78,54%
30A	78,80%	81,56%	83,23%	83,93%	78,71%	78,54%	100,00%

**Anexo 5.7 – VaR método de varianzas-covarianzas
(Ejemplo 1)**

Año	Interés	Flujos		
		Cobros	Pagos	Cartera
1	2,374%	86.200	-25.051	61.149
2	2,621%	269.500	-40.000	229.500
3	2,836%	108.000	-46.267	61.733
4	3,019%	102.000	-51.033	50.967
5	3,182%	94.000	-57.603	36.397
6	3,341%	60.000	-68.027	-8.027
7	3,489%	0	-77.666	-77.666
8	3,622%	130.000	-95.024	34.976
9	3,736%	0	-116.092	-116.092
10	3,836%	150.000	-124.413	25.587
15	4,194%	0	-77.160	-77.160
20	4,428%	0	-121.942	-121.942
30	4,581%	0	-255.270	-255.270

Año	Interés	Valor Actual			VaR		
		Cobros	Pagos	Cartera	Cobros	Pagos	Cartera
1	2,374%	84.201	-24.470	59.731	-61	18	-43
2	2,621%	255.909	-37.983	217.926	-523	78	-445
3	2,836%	99.309	-42.543	56.765	-328	141	-188
4	3,019%	90.559	-45.309	45.250	-398	199	-199
5	3,182%	80.373	-49.252	31.120	-429	263	-166
6	3,341%	49.262	-55.853	-6.590	-299	338	40
7	3,489%	0	-61.090	-61.090	0	412	412
8	3,622%	97.797	-71.486	26.312	-707	517	-190
9	3,736%	0	-83.452	-83.452	0	644	644
10	3,836%	102.947	-85.386	17.561	-870	722	-148
15	4,194%	0	-41.663	-41.663	0	515	515
20	4,428%	0	-51.264	-51.264	0	788	788
30	4,581%	0	-66.591	-66.591	0	1.451	1.451
		860.357	-716.342	144.015	-3.614	6.085	2.471
					-3.501	5.690	2.189

**Anexo 5.8 – SCR método de escenarios QIS 3 y QIS 4
(Ejemplo 1)**

Año	Curva Inicial	Cartera	VA Cartera
1	2,374%	61.149	59.731
2	2,621%	229.500	217.926
3	2,836%	61.733	56.765
4	3,019%	50.967	45.250
5	3,182%	36.397	31.120
6	3,341%	-8.027	-6.590
7	3,489%	-77.666	-61.090
8	3,622%	34.976	26.312
9	3,736%	-116.092	-83.452
10	3,836%	25.587	17.561
11	3,908%	0	0
12	3,979%	0	0
13	4,051%	0	0
14	4,122%	0	0
15	4,194%	-77.160	-41.663
16	4,241%	0	0
17	4,288%	0	0
18	4,334%	0	0
19	4,381%	0	0
20	4,428%	-121.942	-51.264
21	4,443%	0	0
22	4,459%	0	0
23	4,474%	0	0
24	4,489%	0	0
25	4,505%	0	0
26	4,520%	0	0
27	4,535%	0	0
28	4,550%	0	0
29	4,566%	0	0
30	4,581%	-255.270	-66.591
			<u>144.016</u>

**Anexo 5.8 – SCR método de escenarios QIS 3 y QIS 4 (continuación)
(Ejemplo 1)**

Año	Curva Inicial	v ₁	Curva v ₁	VA Cartera	v ₂	Curva v ₂	VA Cartera
1	2,374%	94%	4,606%	58.457	-51%	1,163%	60.446
2	2,621%	77%	4,639%	209.601	-47%	1,389%	223.254
3	2,836%	69%	4,793%	53.644	-44%	1,588%	58.883
4	3,019%	62%	4,891%	42.106	-42%	1,751%	47.548
5	3,182%	56%	4,964%	28.567	-40%	1,909%	33.113
6	3,341%	52%	5,078%	-5.963	-38%	2,071%	-7.098
7	3,489%	49%	5,199%	-54.471	-37%	2,198%	-66.701
8	3,622%	46%	5,288%	23.160	-35%	2,354%	29.035
9	3,736%	44%	5,380%	-72.441	-34%	2,466%	-93.238
10	3,836%	42%	5,447%	15.055	-34%	2,532%	19.927
11	3,908%	42%	5,549%	0	-34%	2,579%	0
12	3,979%	42%	5,650%	0	-34%	2,626%	0
13	4,051%	42%	5,752%	0	-34%	2,674%	0
14	4,122%	42%	5,854%	0	-34%	2,721%	0
15	4,194%	42%	5,955%	-32.400	-34%	2,768%	-51.229
16	4,241%	41%	5,980%	0	-33%	2,841%	0
17	4,288%	40%	6,003%	0	-33%	2,873%	0
18	4,334%	39%	6,025%	0	-32%	2,947%	0
19	4,381%	38%	6,046%	0	-31%	3,023%	0
20	4,428%	37%	6,066%	-37.549	-31%	3,055%	-66.795
21	4,443%	37%	6,087%	0	-31%	3,066%	0
22	4,459%	37%	6,108%	0	-31%	3,076%	0
23	4,474%	37%	6,129%	0	-31%	3,087%	0
24	4,489%	37%	6,150%	0	-31%	3,098%	0
25	4,505%	37%	6,171%	0	-31%	3,108%	0
26	4,520%	37%	6,192%	0	-31%	3,119%	0
27	4,535%	37%	6,213%	0	-31%	3,129%	0
28	4,550%	37%	6,234%	0	-31%	3,140%	0
29	4,566%	37%	6,255%	0	-31%	3,150%	0
30	4,581%	37%	6,276%	-41.110	-31%	3,161%	-100.357
				186.657			86.788
				42.641			-57.228

**Anexo 5.9 – SCR método de escenarios QIS 5
(Ejemplo 1)**

Año	Curva Inicial	Cartera	VA Cartera
1	2,374%	61.149	59.731
2	2,621%	229.500	217.926
3	2,836%	61.733	56.765
4	3,019%	50.967	45.250
5	3,182%	36.397	31.120
6	3,341%	-8.027	-6.590
7	3,489%	-77.666	-61.090
8	3,622%	34.976	26.312
9	3,736%	-116.092	-83.452
10	3,836%	25.587	17.561
11	3,908%	0	0
12	3,979%	0	0
13	4,051%	0	0
14	4,122%	0	0
15	4,194%	-77.160	-41.663
16	4,241%	0	0
17	4,288%	0	0
18	4,334%	0	0
19	4,381%	0	0
20	4,428%	-121.942	-51.264
21	4,443%	0	0
22	4,459%	0	0
23	4,474%	0	0
24	4,489%	0	0
25	4,505%	0	0
26	4,520%	0	0
27	4,535%	0	0
28	4,550%	0	0
29	4,566%	0	0
30	4,581%	-255.270	-66.591
			<u>144.016</u>

**Anexo 5.9 – SCR método de escenarios QIS 5 (continuación)
(Ejemplo 1)**

Año	Curva Inicial	v ₁	Curva v ₁	VA Cartera	v ₂	Curva v ₂	VA Cartera
1	2,374%	70%	4,036%	58.777	-75%	0,594%	60.789
2	2,621%	70%	4,456%	210.338	-65%	0,917%	225.346
3	2,836%	64%	4,651%	53.863	-56%	1,248%	59.479
4	3,019%	59%	4,800%	42.251	-50%	1,510%	48.002
5	3,182%	55%	4,932%	28.610	-46%	1,718%	33.425
6	3,341%	52%	5,078%	-5.963	-42%	1,938%	-7.154
7	3,489%	49%	5,199%	-54.471	-39%	2,128%	-67.021
8	3,622%	47%	5,324%	23.096	-36%	2,318%	29.117
9	3,736%	44%	5,380%	-72.441	-33%	2,503%	-92.933
10	3,836%	42%	5,447%	15.055	-31%	2,647%	19.704
11	3,908%	39%	5,432%	0	-30%	2,735%	0
12	3,979%	37%	5,452%	0	-29%	2,825%	0
13	4,051%	35%	5,469%	0	-28%	2,917%	0
14	4,122%	34%	5,524%	0	-28%	2,968%	0
15	4,194%	33%	5,578%	-34.181	-27%	3,062%	-49.084
16	4,241%	31%	5,555%	0	-28%	3,053%	0
17	4,288%	30%	5,574%	0	-28%	3,087%	0
18	4,334%	29%	5,591%	0	-28%	3,121%	0
19	4,381%	27%	5,564%	0	-29%	3,111%	0
20	4,428%	26%	5,579%	-41.170	-29%	3,144%	-65.657
21	4,443%	26%	5,599%	0	-29%	3,155%	0
22	4,459%	26%	5,618%	0	-30%	3,121%	0
23	4,474%	26%	5,637%	0	-30%	3,132%	0
24	4,489%	26%	5,656%	0	-30%	3,142%	0
25	4,505%	26%	5,676%	0	-30%	3,153%	0
26	4,520%	26%	5,686%	0	-30%	3,164%	0
27	4,535%	26%	5,696%	0	-30%	3,175%	0
28	4,550%	25%	5,706%	0	-30%	3,185%	0
29	4,566%	25%	5,716%	0	-30%	3,196%	0
30	4,581%	25%	5,726%	-48.030	-30%	3,207%	-99.029
				175.735			94.986
				31.719			-49.030

Anexo 5.10 – MCR método de duraciones (Ejemplo 1)

Año	Curva	Cobros			
		Flujo	VA	n*VA	DC
1	2,374%	86.200	84.201	84.201	83.421
2	2,621%	269.500	255.909	511.819	252.401
3	2,836%	108.000	99.309	297.927	97.887
4	3,019%	102.000	90.559	362.235	89.468
5	3,182%	94.000	80.373	401.863	79.792
6	3,341%	60.000	49.262	295.574	49.289
7	3,489%	0	0	0	0
8	3,622%	130.000	97.797	782.380	100.017
9	3,736%	0	0	0	0
10	3,836%	150.000	102.947	1.029.465	108.083
11	3,908%	0	0	0	0
12	3,979%	0	0	0	0
13	4,051%	0	0	0	0
14	4,122%	0	0	0	0
15	4,194%	0	0	0	0
16	4,241%	0	0	0	0
17	4,288%	0	0	0	0
18	4,334%	0	0	0	0
19	4,381%	0	0	0	0
20	4,428%	0	0	0	0
21	4,443%	0	0	0	0
22	4,459%	0	0	0	0
23	4,474%	0	0	0	0
24	4,489%	0	0	0	0
25	4,505%	0	0	0	0
26	4,520%	0	0	0	0
27	4,535%	0	0	0	0
28	4,550%	0	0	0	0
29	4,566%	0	0	0	0
30	4,581%	0	0	0	0
		<u>999.700</u>	<u>860.357</u>	<u>3.765.464</u>	<u>860.357</u>
				<u>4,3766</u>	<u>3,3317%</u>
					<u>-4,2355%</u>
					<u>18,0000%</u>
					<u>-21.854</u>
					<u>-20,0000%</u>
					<u>24.282</u>

**Anexo 5.10 – MCR método de duraciones (continuación)
(Ejemplo 1)**

Año	Curva	Pagos			
		Flujo	VA	n*VA	DC
1	2,374%	-25.051	-24.470	-24.470	-24.081
2	2,621%	-40.000	-37.983	-75.966	-36.964
3	2,836%	-46.267	-42.543	-127.630	-41.101
4	3,019%	-51.033	-45.309	-181.234	-43.580
5	3,182%	-57.603	-49.252	-246.261	-47.288
6	3,341%	-68.027	-55.853	-335.115	-53.684
7	3,489%	-77.666	-61.090	-427.633	-58.919
8	3,622%	-95.024	-71.486	-571.884	-69.297
9	3,736%	-116.092	-83.452	-751.068	-81.385
10	3,836%	-124.413	-85.386	-853.860	-83.844
11	3,908%	0	0	0	0
12	3,979%	0	0	0	0
13	4,051%	0	0	0	0
14	4,122%	0	0	0	0
15	4,194%	-77.160	-41.663	-624.945	-42.687
16	4,241%	0	0	0	0
17	4,288%	0	0	0	0
18	4,334%	0	0	0	0
19	4,381%	0	0	0	0
20	4,428%	-121.942	-51.264	-1.025.280	-55.381
21	4,443%	0	0	0	0
22	4,459%	0	0	0	0
23	4,474%	0	0	0	0
24	4,489%	0	0	0	0
25	4,505%	0	0	0	0
26	4,520%	0	0	0	0
27	4,535%	0	0	0	0
28	4,550%	0	0	0	0
29	4,566%	0	0	0	0
30	4,581%	-255.270	-66.591	-1.997.730	-78.129
		-1.155.546	-716.341	-7.243.077	-716.341
				10,1112	4,0254%
					-9,7199%
					18,0000%
					50.451
					28.597
					-20,0000%
					-56.057
					-31.775

**Anexo 5.11 – Flujos de cobro y pago y curva de tipos de interés
(Ejemplo 2)**

Año	Curva	Cobros	Pagos
1	2,040%	400.000	-227.117
2	2,400%	0	-225.674
3	2,710%	1.600.000	-225.086
4	2,980%	0	-225.630
5	3,220%	0	-223.850
6	3,420%	0	-222.648
7	3,570%	0	-222.163
8	3,680%	0	-222.770
9	3,770%	0	-216.196
10	3,840%	0	-217.591
11	3,874%	0	-210.240
12	3,908%	1.100.000	-210.953
13	3,942%	0	-201.692
14	3,976%	0	-199.280
15	4,010%	600.000	-198.364
16	4,029%	0	-198.044
17	4,049%	0	-197.003
18	4,068%	0	-195.651
19	4,087%	1.300.000	-194.767
20	4,107%	0	-197.809
21	4,126%	0	-189.912
22	4,145%	0	-192.648
23	4,165%	0	-187.033
24	4,184%	0	-189.959
25	4,203%	0	-184.384
26	4,223%	0	-181.261
27	4,242%	0	-178.339
28	4,261%	0	-176.998
29	4,281%	0	-175.946
30	4,300%	1.400.000	-523.578

**Anexo 5.12 – VaR método de varianzas-covarianzas
(Ejemplo 2)**

Curva	Interés	Flujos		
		Cobros	Pagos	Cartera
1	2,040%	400.000	-227.117	172.883
2	2,400%	0	-225.674	-225.674
3	2,710%	1.600.000	-225.086	1.374.914
4	2,980%	0	-225.630	-225.630
5	3,220%	0	-223.850	-223.850
6	3,420%	0	-222.648	-222.648
7	3,570%	0	-222.163	-222.163
8	3,680%	0	-222.770	-222.770
9	3,770%	0	-216.196	-216.196
10	3,840%	660.000	-632.887	27.113
15	4,010%	1.300.000	-999.083	300.917
20	4,107%	1.040.000	-1.430.554	-390.554
30	4,300%	1.400.000	-1.338.929	61.071

Curva	Interés	Valor Actual			VaR		
		Cobros	Pagos	Cartera	Cobros	Pagos	Cartera
1	2,040%	392.003	-222.576	169.427	-282	160	-122
2	2,400%	0	-215.219	-215.219	0	439	439
3	2,710%	1.476.664	-207.735	1.268.929	-4.883	687	-4.196
4	2,980%	0	-200.625	-200.625	0	882	882
5	3,220%	0	-191.046	-191.046	0	1.019	1.019
6	3,420%	0	-181.966	-181.966	0	1.103	1.103
7	3,570%	0	-173.794	-173.794	0	1.173	1.173
8	3,680%	0	-166.839	-166.839	0	1.207	1.207
9	3,770%	0	-154.953	-154.953	0	1.195	1.195
10	3,840%	452.790	-434.190	18.600	-3.827	3.670	-157
15	4,010%	720.804	-553.956	166.848	-8.910	6.848	-2.062
20	4,107%	465.012	-639.639	-174.627	-7.147	9.831	2.684
30	4,300%	395.912	-378.641	17.271	-8.629	8.252	-376
		3.903.185	-3.721.180	182.006	-33.678	36.466	2.788
					-31.215	33.936	2.721

**Anexo 5.13 – SCR método de escenarios QIS 3 y QIS 4
(Ejemplo 2)**

Año	Curva Inicial	Cartera	VA Cartera
1	2,040%	172.883	169.427
2	2,400%	-225.674	-215.219
3	2,710%	1.374.914	1.268.929
4	2,980%	-225.630	-200.625
5	3,220%	-223.850	-191.046
6	3,420%	-222.648	-181.966
7	3,570%	-222.163	-173.794
8	3,680%	-222.770	-166.839
9	3,770%	-216.196	-154.953
10	3,840%	-217.591	-149.277
11	3,874%	-210.240	-138.401
12	3,908%	889.047	561.225
13	3,942%	-201.692	-122.013
14	3,976%	-199.280	-115.451
15	4,010%	401.636	222.693
16	4,029%	-198.044	-105.261
17	4,049%	-197.003	-100.335
18	4,068%	-195.651	-95.449
19	4,087%	1.105.233	516.292
20	4,107%	-197.809	-88.446
21	4,126%	-189.912	-81.248
22	4,145%	-192.648	-78.830
23	4,165%	-187.033	-73.173
24	4,184%	-189.959	-71.029
25	4,203%	-184.384	-65.869
26	4,223%	-181.261	-61.843
27	4,242%	-178.339	-58.089
28	4,261%	-176.998	-55.020
29	4,281%	-175.946	-52.176
30	4,300%	876.422	247.847
			<u>190.060</u>

**Anexo 5.13 – SCR método de escenarios QIS 3 y QIS 4 (continuación)
(Ejemplo 2)**

Año	Curva Inicial	v ₁	Curva v ₁	VA Cartera	v ₂	Curva v ₂	VA Cartera
1	2,040%	94%	3,958%	166.302	-51%	1,000%	171.172
2	2,400%	77%	4,248%	-207.657	-47%	1,272%	-220.040
3	2,710%	69%	4,580%	1.202.073	-44%	1,518%	1.314.170
4	2,980%	62%	4,828%	-186.850	-42%	1,728%	-210.682
5	3,220%	56%	5,023%	-175.198	-40%	1,932%	-203.425
6	3,420%	52%	5,198%	-164.272	-38%	2,120%	-196.310
7	3,570%	49%	5,319%	-154.567	-37%	2,249%	-190.132
8	3,680%	46%	5,373%	-146.565	-35%	2,392%	-184.386
9	3,770%	44%	5,429%	-134.343	-34%	2,488%	-173.294
10	3,840%	42%	5,453%	-127.956	-34%	2,534%	-169.412
11	3,874%	42%	5,501%	-116.651	-34%	2,557%	-159.259
12	3,908%	42%	5,549%	465.005	-34%	2,579%	654.951
13	3,942%	42%	5,598%	-99.354	-34%	2,602%	-144.437
14	3,976%	42%	5,646%	-92.369	-34%	2,624%	-138.665
15	4,010%	42%	5,694%	175.011	-34%	2,647%	271.434
16	4,029%	41%	5,681%	-81.807	-33%	2,700%	-129.318
17	4,049%	40%	5,668%	-77.166	-33%	2,713%	-124.988
18	4,068%	39%	5,655%	-72.694	-32%	2,766%	-119.722
19	4,087%	38%	5,641%	389.650	-31%	2,820%	651.567
20	4,107%	37%	5,626%	-66.194	-31%	2,834%	-113.122
21	4,126%	37%	5,653%	-59.851	-31%	2,847%	-105.326
22	4,145%	37%	5,679%	-57.148	-31%	2,860%	-103.589
23	4,165%	37%	5,706%	-52.200	-31%	2,874%	-97.482
24	4,184%	37%	5,732%	-49.854	-31%	2,887%	-95.943
25	4,203%	37%	5,759%	-45.482	-31%	2,900%	-90.221
26	4,223%	37%	5,785%	-42.002	-31%	2,914%	-85.903
27	4,242%	37%	5,812%	-38.802	-31%	2,927%	-81.839
28	4,261%	37%	5,838%	-36.141	-31%	2,940%	-78.627
29	4,281%	37%	5,865%	-33.699	-31%	2,954%	-75.643
30	4,300%	37%	5,891%	157.377	-31%	2,967%	364.562
				236.598			136.089
				46.538			-53.971

**Anexo 5.14 – SCR método de escenarios QIS 5
(Ejemplo 2)**

Año	Curva Inicial	Cartera	VA Cartera
1	2,040%	172.883	169.427
2	2,400%	-225.674	-215.219
3	2,710%	1.374.914	1.268.929
4	2,980%	-225.630	-200.625
5	3,220%	-223.850	-191.046
6	3,420%	-222.648	-181.966
7	3,570%	-222.163	-173.794
8	3,680%	-222.770	-166.839
9	3,770%	-216.196	-154.953
10	3,840%	-217.591	-149.277
11	3,874%	-210.240	-138.401
12	3,908%	889.047	561.225
13	3,942%	-201.692	-122.013
14	3,976%	-199.280	-115.451
15	4,010%	401.636	222.693
16	4,029%	-198.044	-105.261
17	4,049%	-197.003	-100.335
18	4,068%	-195.651	-95.449
19	4,087%	1.105.233	516.292
20	4,107%	-197.809	-88.446
21	4,126%	-189.912	-81.248
22	4,145%	-192.648	-78.830
23	4,165%	-187.033	-73.173
24	4,184%	-189.959	-71.029
25	4,203%	-184.384	-65.869
26	4,223%	-181.261	-61.843
27	4,242%	-178.339	-58.089
28	4,261%	-176.998	-55.020
29	4,281%	-175.946	-52.176
30	4,300%	876.422	247.847
			<u>190.060</u>

**Anexo 5.14 – SCR método de escenarios QIS 5 (continuación)
(Ejemplo 2)**

Año	Curva Inicial	v ₁	Curva v ₁	VA Cartera	v ₂	Curva v ₂	VA Cartera
1	2,040%	70%	3,468%	167.089	-75%	0,510%	172.006
2	2,400%	70%	4,080%	-208.327	-65%	0,840%	-221.930
3	2,710%	64%	4,444%	1.206.758	-56%	1,192%	1.326.880
4	2,980%	59%	4,738%	-187.489	-50%	1,490%	-212.669
5	3,220%	55%	4,991%	-175.467	-46%	1,739%	-205.363
6	3,420%	52%	5,198%	-164.272	-42%	1,984%	-197.896
7	3,570%	49%	5,319%	-154.567	-39%	2,178%	-191.064
8	3,680%	47%	5,410%	-146.156	-36%	2,355%	-184.917
9	3,770%	44%	5,429%	-134.343	-33%	2,526%	-172.721
10	3,840%	42%	5,453%	-127.956	-31%	2,650%	-167.520
11	3,874%	39%	5,385%	-118.074	-30%	2,712%	-156.636
12	3,908%	37%	5,354%	475.461	-29%	2,775%	640.164
13	3,942%	35%	5,322%	-102.791	-28%	2,838%	-140.178
14	3,976%	34%	5,328%	-96.351	-28%	2,863%	-134.230
15	4,010%	33%	5,333%	184.225	-27%	2,927%	260.540
16	4,029%	31%	5,278%	-86.963	-28%	2,901%	-125.326
17	4,049%	30%	5,263%	-82.370	-28%	2,915%	-120.874
18	4,068%	29%	5,248%	-77.921	-28%	2,929%	-116.361
19	4,087%	27%	5,191%	422.541	-29%	2,902%	641.803
20	4,107%	26%	5,174%	-72.119	-29%	2,916%	-111.330
21	4,126%	26%	5,199%	-65.514	-29%	2,929%	-103.567
22	4,145%	26%	5,223%	-62.852	-30%	2,902%	-102.675
23	4,165%	26%	5,247%	-57.683	-30%	2,915%	-96.579
24	4,184%	26%	5,272%	-55.356	-30%	2,929%	-95.011
25	4,203%	26%	5,296%	-50.747	-30%	2,942%	-89.305
26	4,223%	26%	5,312%	-47.192	-30%	2,956%	-84.992
27	4,242%	26%	5,328%	-43.911	-30%	2,969%	-80.933
28	4,261%	25%	5,344%	-41.203	-30%	2,983%	-77.721
29	4,281%	25%	5,359%	-38.713	-30%	2,996%	-74.736
30	4,300%	25%	5,375%	182.216	-30%	3,010%	360.024
				239.952			136.882
				49.892			-53.178

Anexo 5.15 – MCR método de duraciones (Ejemplo 2)

Año	Curva	Cobros			
		Flujo	VA	n*VA	DC
1	2,040%	400.000	392.003	392.003	384.822
2	2,400%	0	0	0	0
3	2,710%	1.600.000	1.476.664	4.429.993	1.424.692
4	2,980%	0	0	0	0
5	3,220%	0	0	0	0
6	3,420%	0	0	0	0
7	3,570%	0	0	0	0
8	3,680%	0	0	0	0
9	3,770%	0	0	0	0
10	3,840%	0	0	0	0
11	3,874%	0	0	0	0
12	3,908%	1.100.000	694.392	8.332.707	691.507
13	3,942%	0	0	0	0
14	3,976%	0	0	0	0
15	4,010%	600.000	332.679	4.990.178	335.858
16	4,029%	0	0	0	0
17	4,049%	0	0	0	0
18	4,068%	0	0	0	0
19	4,087%	1.300.000	607.274	11.538.207	623.375
20	4,107%	0	0	0	0
21	4,126%	0	0	0	0
22	4,145%	0	0	0	0
23	4,165%	0	0	0	0
24	4,184%	0	0	0	0
25	4,203%	0	0	0	0
26	4,223%	0	0	0	0
27	4,242%	0	0	0	0
28	4,261%	0	0	0	0
29	4,281%	0	0	0	0
30	4,300%	1.400.000	395.912	11.877.363	438.670
		<u>6.400.000</u>	<u>3.898.924</u>	<u>41.560.451</u>	<u>3.898.924</u>
				<u>10,6595</u>	<u>3,9441%</u>
					<u>-10,2550%</u>
					<u>18,0000%</u>
					<u>-283.855</u>
					<u>-20,0000%</u>
					<u>315.395</u>

**Anexo 5.15 – MCR método de duraciones (continuación)
(Ejemplo 2)**

Año	Curva	Pagos			
		Flujo	VA	n*VA	DC
1	2,040%	-227.117	-222.576	-222.576	-218.427
2	2,400%	-225.674	-215.219	-430.439	-208.735
3	2,710%	-225.086	-207.735	-623.206	-200.226
4	2,980%	-225.630	-200.625	-802.499	-193.030
5	3,220%	-223.850	-191.046	-955.228	-184.180
6	3,420%	-222.648	-181.966	-1.091.798	-176.182
7	3,570%	-222.163	-173.794	-1.216.557	-169.073
8	3,680%	-222.770	-166.839	-1.334.710	-163.048
9	3,770%	-216.196	-154.953	-1.394.581	-152.182
10	3,840%	-217.591	-149.277	-1.492.772	-147.304
11	3,874%	-210.240	-138.401	-1.522.416	-136.882
12	3,908%	-210.953	-133.167	-1.598.007	-132.091
13	3,942%	-201.692	-122.013	-1.586.165	-121.460
14	3,976%	-199.280	-115.451	-1.616.320	-115.416
15	4,010%	-198.364	-109.986	-1.649.785	-110.490
16	4,029%	-198.044	-105.261	-1.684.182	-106.091
17	4,049%	-197.003	-100.335	-1.705.694	-101.496
18	4,068%	-195.651	-95.449	-1.718.090	-96.943
19	4,087%	-194.767	-90.982	-1.728.667	-92.813
20	4,107%	-197.809	-88.446	-1.768.913	-90.655
21	4,126%	-189.912	-81.248	-1.706.204	-83.706
22	4,145%	-192.648	-78.830	-1.734.250	-81.663
23	4,165%	-187.033	-73.173	-1.682.973	-76.250
24	4,184%	-189.959	-71.029	-1.704.694	-74.479
25	4,203%	-184.384	-65.869	-1.646.737	-69.528
26	4,223%	-181.261	-61.843	-1.607.913	-65.735
27	4,242%	-178.339	-58.089	-1.568.404	-62.201
28	4,261%	-176.998	-55.020	-1.540.546	-59.371
29	4,281%	-175.946	-52.176	-1.513.100	-56.760
30	4,300%	-523.578	-148.065	-4.441.950	-162.444
		<u>-6.412.585</u>	<u>-3.708.864</u>	<u>-45.289.379</u>	<u>-3.708.864</u>
				<u>12,2111</u>	<u>3,9783%</u>
					<u>-11,7439%</u>
					<u>18,0000%</u>
					<u>311.904</u>
					<u>28.049</u>
					<u>-20,0000%</u>
					<u>-346.560</u>
					-31.166

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIERWAG, G. O. (1991). Análisis de la duración. La gestión del riesgo de tipo de interés. Alianza Editorial.

CEIOPS varios: SEC-34/10, CP-40/09, FS-14/07, CP-47/09, DOC-66/10, CP-70/09.

CEIOPS y COMISIÓN EUROPEA. QIS3 (2007), QIS4 (2008) y QIS5 (2010).

CFO FORUM y CRO FORUM. QIS 5 Technical Specification. Risk-free interest rates.

HULL J. C. (2002). Options, futures, and other derivatives. Prentice Hall.

JORION P. (2007). Value at risk. Mc Graw Hill.

J. P. MORGAN (1996). RiskMetrics, technical document.

KNOP R., ORDOVÁS R. y VIDAL J. (2004). Medición de riesgos de mercado y crédito. Ariel.

LAMOTE, P., LAROCHE P. y CARRANCEJA A. (1990). Cómo manejar los tipos de interés. Gestión y cobertura del riesgo de tipos de interés. Área Editorial y Expansión.

LOZANO, R. (1999). Análisis práctico de la normativa patrimonial de las entidades aseguradoras. Centro de Estudios del Seguro.

MAESTRO, J. L. (2000). Garantías técnico-financieras de las entidades aseguradoras. Grupo Winterthur.

MARTÍNEZ E. y GUASCH J. (2002). Gestión de carteras de renta fija. McGraw-Hill.

MENEU, V., NAVARRO, E. y BARREIRA, M. T. (1992). Análisis y gestión del riesgo de interés. Ariel Economía.

OTERO, L. (2003). La actividad de las compañías aseguradoras de vida en el marco de la gestión integral de activos y pasivos. Fundación MAPFRE Estudios.

PARLAMENTO EUROPEO y CONSEJO. Directiva 2009/138/CE.

PEÑA J. A. (2002). La gestión de riesgos financieros de mercado y crédito. Prentice Hall.

REDINGTON, F. M. (1952). Review of the Principles of Life-Office Valuations. Journal of the Institute of Actuaries.

SUÁREZ, A. (1998). Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. Pirámide.

**COLECCIÓN “CUADERNOS DE LA FUNDACIÓN”
Instituto de Ciencias del Seguro**

Para cualquier información o para adquirir nuestras publicaciones puede encontrarnos en:

FUNDACIÓN MAPFRE

Publicaciones

Paseo de Recoletos 23 – 28004 Madrid – (España)

Tel.: + 34 915 818 768 Fax: +34 915 818 409

www.fundacionmapfre.com/cienciasdelseguro

163. El riesgo de tipo de interés: experiencia española y Solvencia II. 2011
162. I Congreso sobre las Nuevas Tecnologías y sus repercusiones en el Seguro: Internet, Biotecnología y Nanotecnología. 2011
161. La incertidumbre bioactuarial en el riesgo de la longevidad. Reflexiones bioéticas. 2011
160. Actividad aseguradora y defensa de la competencia. La exención *antitrust* del sector asegurador. 2011
159. Estudio empírico sobre la tributación de los seguros de vida. 2010
158. Métodos estocásticos de estimación de las provisiones técnicas en el marco de Solvencia II. 2010
157. Introducción al Reaseguro. 2010
156. Encuentro Internacional sobre la Historia del Seguro. 2010
155. Los sistemas de salud en Latinoamérica y el papel del seguro privado. 2010
154. El Seguro de Crédito en Chile. 2010
153. El análisis financiero dinámico como herramienta para el desarrollo de modelos internos en el marco de Solvencia II. 2010
152. Características sociodemográficas de las personas con doble cobertura sanitaria. Un estudio empírico. 2010
151. Solidaridad impropia y seguro de Responsabilidad Civil. 2010

150. La prevención del blanqueo de capitales en las entidades aseguradoras, las gestoras y los corredores de seguros 2010
149. Fondos de aseguramiento agropecuario y rural: la experiencia mexicana en el mutualismo agropecuario y sus organizaciones superiores. 2010
148. Avaliação das Provisões de Sinistro sob o Enfoque das Novas Regras de Solvência do Brasil. 2010
147. El principio de igualdad sexual en el Seguro de Salud: análisis actuarial de su impacto y alcance. 2010
146. Investigaciones históricas sobre el Seguro español. 2010
145. Perspectivas y análisis económico de la futura reforma del sistema español de valoración del daño corporal. 2009
144. Contabilidad y Análisis de Cuentas Anuales de Entidades Aseguradoras (Plan contable 24 de julio de 2008). 2009
143. Mudanças Climáticas e Análise de Risco da Indústria de Petróleo no Litoral Brasileiro. 2009
142. Bases técnicas dinámicas del Seguro de Dependencia en España. Una aproximación en campo discreto. 2009
141. Transferencia Alternativa de Riesgos en el Seguro de Vida: Titulización de Riesgos Aseguradores. 2009
140. Riesgo de negocio ante asegurados con múltiples contratos. 2009
139. Optimización económica del Reaseguro cedido: modelos de decisión. 2009
138. Inversiones en el Seguro de Vida en la actualidad y perspectivas de futuro. 2009
137. El Seguro de Vida en España. Factores que influyen en su progreso. 2009
136. Investigaciones en Seguros y Gestión de Riesgos. RIESGO 2009.
135. Análisis e interpretación de la gestión del fondo de maniobra en entidades aseguradoras de incendio y lucro cesante en grandes riesgos industriales. 2009
134. Gestión integral de Riesgos Corporativos como fuente de ventaja competitiva: cultura positiva del riesgo y reorganización estructural. 2009

133. La designación de la pareja de hecho como beneficiaria en los seguros de vida. 2009
132. Aproximación a la Responsabilidad Social de la empresa: reflexiones y propuesta de un modelo. 2009
131. La cobertura pública en el seguro de crédito a la exportación en España: cuestiones prácticas-jurídicas. 2009
130. La mediación en seguros privados: análisis de un complejo proceso de cambio legislativo. 2009
129. Temas relevantes del Derecho de Seguros contemporáneo. 2009
128. Cuestiones sobre la cláusula cut through. Transferencia y reconstrucción. 2008
127. La responsabilidad derivada de la utilización de organismos genéticamente modificados y la redistribución del riesgo a través del seguro. 2008
126. Ponencias de las Jornadas Internacionales sobre Catástrofes Naturales. 2008
125. La seguridad jurídica de las tecnologías de la información en el sector asegurador. 2008
124. Predicción de tablas de mortalidad dinámicas mediante un procedimiento bootstrap. 2008
123. Las compañías aseguradoras en los procesos penal y contencioso-administrativo. 2008
122. Factores de riesgo y cálculo de primas mediante técnicas de aprendizaje. 2008
121. La solicitud de seguro en la Ley 50/1980, de 8 de octubre, de Contrato de Seguro. 2008
120. Propuestas para un sistema de cobertura de enfermedades catastróficas en Argentina. 2008
119. Análisis del riesgo en seguros en el marco de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping. 2008
118. Los planes de pensiones y los planes de previsión asegurados: su inclusión en el caudal hereditario. 2007

117. Evolução de resultados técnicos e financieros no mercado segurador iberoamericano. 2007
116. Análisis de la Ley 26/2006 de Mediación de Seguros y Reaseguros Privados. 2007
115. Sistemas de cofinanciación de la dependencia: seguro privado frente a hipoteca inversa. 2007
114. El sector asegurador ante el cambio climático: riesgos y oportunidades. 2007
113. Responsabilidade social empresarial no mercado de seguros brasileiro influências culturais e implicações relacionais. 2007
112. Contabilidad y análisis de cuentas anuales de entidades aseguradoras. 2007
111. Fundamentos actuariales de primas y reservas de fianzas. 2007
110. El Fair Value de las provisiones técnicas de los seguros de Vida. 2007
109. El Seguro como instrumento de gestión de los M.E.R. (Materiales Especificados de Riesgo). 2006
108. Mercados de absorción de riesgos. 2006
107. La exteriorización de los compromisos por pensiones en la negociación colectiva. 2006
106. La utilización de datos médicos y genéticos en el ámbito de las compañías aseguradoras. 2006
105. Los seguros contra incendios forestales y su aplicación en Galicia. 2006
104. Fiscalidad del seguro en América Latina. 2006
103. Las NIC y su relación con el Plan Contable de Entidades Aseguradoras. 2006
102. Naturaleza jurídica del Seguro de Asistencia en Viaje. 2006
101. El Seguro de Automóviles en Iberoamérica. 2006
100. El nuevo perfil productivo y los seguros agropecuarios en Argentina. 2006

99. Modelos alternativos de transferencia y financiación de riesgos "ART": situación actual y perspectivas futuras. 2005
98. Disciplina de mercado en la industria de seguros en América Latina. 2005
97. Aplicación de métodos de inteligencia artificial para el análisis de la solvencia en entidades aseguradoras. 2005
96. El Sistema ABC-ABM: su aplicación en las entidades aseguradoras. 2005
95. Papel del docente universitario: ¿enseñar o ayudar a aprender?. 2005
94. La renovación del Pacto de Toledo y la reforma del sistema de pensiones: ¿es suficiente el pacto político?. 2005
92. Medición de la esperanza de vida residual según niveles de dependencia en España y costes de cuidados de larga duración. 2005
91. Problemática de la reforma de la Ley de Contrato de Seguro. 2005
90. Centros de atención telefónica del sector asegurador. 2005
89. Mercados aseguradores en el área mediterránea y cooperación para su desarrollo. 2005
88. Análisis multivariante aplicado a la selección de factores de riesgo en la tarificación. 2004
87. Dependencia en el modelo individual, aplicación al riesgo de crédito. 2004
86. El margen de solvencia de las entidades aseguradoras en Iberoamérica. 2004
85. La matriz valor-fidelidad en el análisis de los asegurados en el ramo del automóvil. 2004
84. Estudio de la estructura de una cartera de pólizas y de la eficacia de un Bonus-Malus. 2004
83. La teoría del valor extremo: fundamentos y aplicación al seguro, ramo de responsabilidad civil autos. 2004
81. El Seguro de Dependencia: una visión general. 2004
80. Los planes y fondos de pensiones en el contexto europeo: la necesidad de una armonización. 2004

79. La actividad de las compañías aseguradoras de vida en el marco de la gestión integral de activos y pasivos. 2003
78. Nuevas perspectivas de la educación universitaria a distancia. 2003
77. El coste de los riesgos en la empresa española: 2001.
76. La incorporación de los sistemas privados de pensiones en las pequeñas y medianas empresas. 2003
75. Incidencia de la nueva Ley de Enjuiciamiento Civil en los procesos de responsabilidad civil derivada del uso de vehículos a motor. 2002
74. Estructuras de propiedad, organización y canales de distribución de las empresas aseguradoras en el mercado español. 2002
73. Financiación del capital-riesgo mediante el seguro. 2002
72. Análisis del proceso de exteriorización de los compromisos por pensiones. 2002
71. Gestión de activos y pasivos en la cartera de un fondo de pensiones. 2002
70. El cuadro de mando integral para las entidades aseguradoras. 2002
69. Provisiones para prestaciones a la luz del Reglamento de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados; métodos estadísticos de cálculo. 2002
68. Los seguros de crédito y de caución en Iberoamérica. 2001
67. Gestión directiva en la internacionalización de la empresa. 2001
65. Ética empresarial y globalización. 2001
64. Fundamentos técnicos de la regulación del margen de solvencia. 2001
63. Análisis de la repercusión fiscal del seguro de vida y los planes de pensiones. Instrumentos de previsión social individual y empresarial. 2001
62. Seguridad Social: temas generales y régimen de clases pasivas del Estado. 2001
61. Sistemas Bonus-Malus generalizados con inclusión de los costes de los siniestros. 2001

60. Análisis técnico y económico del conjunto de las empresas aseguradoras de la Unión Europea. 2001
 59. Estudio sobre el euro y el seguro. 2000
 58. Problemática contable de las operaciones de reaseguro. 2000
 56. Análisis económico y estadístico de los factores determinantes de la demanda de los seguros privados en España. 2000
 54. El corredor de reaseguros y su legislación específica en América y Europa. 2000
 53. Habilidades directivas: estudio de sesgo de género en instrumentos de evaluación. 2000
 52. La estructura financiera de las entidades de seguros, S.A. 2000
 51. Seguridades y riesgos del joven en los grupos de edad. 2000
 50. Mixturas de distribuciones: aplicación a las variables más relevantes que modelan la siniestralidad en la empresa aseguradora. 1999
 49. Solvencia y estabilidad financiera en la empresa de seguros: metodología y evaluación empírica mediante análisis multivariante. 1999
 48. Matemática Actuarial no vida con MapleV. 1999
 47. El fraude en el Seguro de Automóvil: cómo detectarlo. 1999
 46. Evolución y predicción de las tablas de mortalidad dinámicas para la población española. 1999
 45. Los Impuestos en una economía global. 1999
 42. La Responsabilidad Civil por contaminación del entorno y su aseguramiento. 1998
 41. De Maastricht a Amsterdam: un paso más en la integración europea. 1998
- Nº Especial Informe sobre el Mercado Español de Seguros 1997
Fundación MAPFRE Estudios
39. Perspectiva histórica de los documentos estadístico-contables del órgano de control: aspectos jurídicos, formalización y explotación. 1997

38. Legislación y estadísticas del mercado de seguros en la comunidad iberoamericana. 1997
37. La responsabilidad civil por accidente de circulación. Puntual comparación de los derechos francés y español. 1997
36. Cláusulas limitativas de los derechos de los asegurados y cláusulas delimitadoras del riesgo cubierto: las cláusulas de limitación temporal de la cobertura en el Seguro de Responsabilidad Civil. 1997
35. El control de riesgos en fraudes informáticos. 1997
34. El coste de los riesgos en la empresa española: 1995
33. La función del derecho en la economía. 1997

Nº Especial Informe sobre el Mercado Español de Seguros 1996
Fundación MAPFRE Estudios

32. Decisiones racionales en reaseguro. 1996
31. Tipos estratégicos, orientación al mercado y resultados económicos: análisis empírico del sector asegurador español. 1996
30. El tiempo del directivo. 1996
29. Ruina y Seguro de Responsabilidad Civil Decenal. 1996

Nº Especial Informe sobre el Mercado Español de Seguros 1995
Fundación MAPFRE Estudios

28. La naturaleza jurídica del Seguro de Responsabilidad Civil. 1995
27. La calidad total como factor para elevar la cuota de mercado en empresas de seguros. 1995
26. El coste de los riesgos en la empresa española: 1993
25. El reaseguro financiero. 1995
24. El seguro: expresión de solidaridad desde la perspectiva del derecho. 1995
23. Análisis de la demanda del seguro sanitario privado. 1993

Nº Especial Informe sobre el Mercado Español de Seguros 1994
Fundación MAPFRE Estudios

22. Rentabilidad y productividad de entidades aseguradoras. 1994
21. La nueva regulación de las provisiones técnicas en la Directiva de Cuentas de la C.E.E. 1994
20. El Reaseguro en los procesos de integración económica. 1994
19. Una teoría de la educación. 1994
18. El Seguro de Crédito a la exportación en los países de la OCDE (evaluación de los resultados de los aseguradores públicos). 1994

Nº Especial Informe sobre el mercado español de seguros 1993
 FUNDACION MAPFRE ESTUDIOS

16. La legislación española de seguros y su adaptación a la normativa comunitaria. 1993
15. El coste de los riesgos en la empresa española: 1991
14. El Reaseguro de exceso de pérdidas 1993
12. Los seguros de salud y la sanidad privada. 1993
10. Desarrollo directivo: una inversión estratégica. 1992
9. Técnicas de trabajo intelectual. 1992
8. La implantación de un sistema de controlling estratégico en la empresa. 1992
7. Los seguros de responsabilidad civil y su obligatoriedad de aseguramiento. 1992
6. Elementos de dirección estratégica de la empresa. 1992
5. La distribución comercial del seguro: sus estrategias y riesgos. 1991
4. Los seguros en una Europa cambiante: 1990-95. 1991
2. Resultados de la encuesta sobre la formación superior para los profesionales de entidades aseguradoras (A.P.S.). 1991
1. Filosofía empresarial: selección de artículos y ejemplos prácticos. 1991

ÚLTIMOS LIBROS PUBLICADOS

Modelo de proyección de carteras de seguros para el ramo de decesos. 2011

Desarrollo comercial del seguro colectivo de dependencia en España. 2010

La mediación de seguros en España: análisis de la Ley 26/2006, de Mediación de Seguros y Reaseguros Privados. 2010

Museo del Seguro. Catálogo. 2010

Diccionario MAPFRE de Seguros. 2008

Teoría de la credibilidad: desarrollo y aplicaciones en primas de seguros y riesgos operacionales. 2008

El seguro de caución: una aproximación práctica. 2007

El seguro de pensiones. 2007

Las cargas del acreedor en el seguros de responsabilidad civil. 2006

Diccionario bilingüe de expresiones y términos de seguros: inglés-español, español-inglés. 2006

El seguro de riesgos catastróficos: reaseguro tradicional y transferencia alternativa de riesgos. 2005

La liquidación administrativa de entidades aseguradoras. 2005