



Universidad Pontificia Comillas. ICADE Business School

ANÁLISIS DEL RIESGO DE TIPOS DE INTERÉS EN ENTIDADES ASEGURADORAS

Autor: Jaime García Casas
Director: Julián Carlos Oliver Barroso

Madrid
Agosto 2017

Jaime
García
Casas

Análisis del riesgo de tipos de interés en entidades aseguradoras



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE GRÁFICOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Objetivo	10
1.2. Motivación	10
CAPÍTULO II. CONCEPTOS PREVIOS	11
2.1. Riesgo y seguro.....	12
2.2. Riesgo desde la perspectiva de la entidad aseguradora	12
2.3. Solvencia II como nuevo marco regulatorio.....	13
2.3.1. <i>Pilar I. Medición de los activos, pasivos y capital</i>	14
2.3.2. <i>Pilar II. Proceso de control y supervisión.</i>	14
2.3.3. <i>Pilar III. Requerimientos de información.</i>	15
2.4. Pilar I: Regulación cuantitativa de los capitales de solvencia.	16
2.4.1. <i>Capital disponible</i>	17
2.4.2. <i>Capital requerido</i>	18
2.4.3. <i>Beneficios por diversificación</i>	21
CAPÍTULO III. RIESGO DE MERCADO	23
3.1. Variables generadoras del riesgo de mercado.....	24
3.2. Metodología	29
3.2.1. <i>Ramo de No Vida</i>	29
3.2.2. <i>Ramo de Vida</i>	30
3.3. Medición.....	31
3.3.1. <i>Tratamiento Fórmula Estándar SII: VaR Calculado Vs VaR Regulatorio</i>	33
3.4. Mitigación.....	35



CAPÍTULO IV. RIESGO DE TIPOS DE INTERÉS	37
4.1. Variables generadoras del riesgo	38
4.2. Metodología	39
4.2.1. <i>Tipos de interés</i>	39
4.2.2. <i>Modelos o escenarios estocásticos</i>	42
4.2.3. <i>Estructura temporal de tipos de interés (ETTI)</i>	44
4.3. Medición.....	49
4.3.1. <i>Duración</i>	49
4.3.2. <i>Convexidad</i>	51
4.4. Mitigación.....	52
CAPÍTULO V. CASO PRÁCTICO	55
5.1. Introducción	56
5.2. Cálculos actuariales. Estrategia “Pricing”	57
5.3. Entorno ALM. “Real World”	61
5.4. Solvencia II. Entorno “Risk Neutral”	67
5.5. Análisis de los datos	70
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	75
CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA.....	78
CAPÍTULO VIII. ANEXO	81



ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gestión de riesgos en seguros bajo el marco de Solvencia II	15
Gráfico 2: Factores de riesgo que afectan al riesgo de mercado	24
Gráfico 3: Fórmula Estándar y Modelos Internos bajo Solvencia II	35
Gráfico 4: Proceso de fijación de límites en riesgo de mercado	36
Gráfico 5: Árbol trinomial utilizado en los modelos de tipos de interés.....	43
Gráfico 6: Escenario de evolución de los tipos de interés	44
Gráfico 7: Estructura temporal de tipos de interés discontinua.....	45
Gráfico 8: Interpolación lineal de la Estructura temporal de tipos de interés.....	46
Gráfico 9: Extrapolación lineal de la Estructura temporal de tipos de interés	46
Gráfico 10: Curva precio/rendimiento respecto a duración modificada y convexidad	50
Gráfico 11: Estudio método Cash-Flow Matching.....	72
Gráfico 12: Estudio Suficiencia Cash-Flow	73



ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Comparativa Solvencia I y Solvencia II en función de los tres pilares	16
Tabla 2: Matriz de correlaciones i, j de los distintos tipos de riesgo de mercado	20
Tabla 3: Indicadores del riesgo de activos financieros con opciones	27
Tabla 4: Ejemplo estructura de límites para ramo NO-Vida	36
Tabla 5: Aumento y disminución de la Estructura Temporal de Tipos de Interés	48
Tabla 6: Características de los métodos de ALM	54
Tabla 7: Parámetros iniciales de la tarificación.....	56
Tabla 8: Primera parte “Pricing”	58
Tabla 9: Segunda parte “Pricing”	59
Tabla 10: Tercera parte “Pricing”	60
Tabla 11: Cuarta parte “Pricing”	60
Tabla 12: Entorno ALM. Cálculo Factor Descuento Total.....	62
Tabla 13: Entorno ALM. Cálculo de los Flujos de Activo en caso de Lapses (Rescate)	63
Tabla 14: Entorno ALM. Cálculo del Cambio en Reserva y Salidas Best Estimate.....	64
Tabla 15: Entorno ALM. Cálculo P&L.....	66
Tabla 16: Entorno ALM. Cálculo Cash-Flow Solvencia II	67
Tabla 17: Entorno ALM. Activos Ajustados al Riesgo Solvencia II.....	68
Tabla 18: Entorno ALM. Cálculo P&L (PVFP) entorno RN.....	69
Tabla 19: Datos del ejemplo de una simulación	70
Tabla 20: Datos totales de las 50 simulaciones.....	71
Tabla 21: Suficiencia CF y CF Matching del total de datos recogidos	71
Tabla 22: Cálculo SCR IR y SCR	72



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a varias personas la ayuda y el apoyo prestado para la realización de este Trabajo Fin de Máster. A la Universidad Pontificia Comillas y a la coordinadora del Máster en Gestión de Riesgos Financieros Susana Carabias López por haberme permitido realizar esta formación de cara a mi futuro profesional.

A Julián Carlos Oliver Barroso, director del presente trabajo por su ayuda incondicional, orientación y consejos sobre el tema que abordo en el trabajo.

Al equipo del departamento de FRM de la empresa AXA, S.A. Compañeros y amigos que han dado lo mejor de sí mismos para que pueda hacer un buen trabajo. Por sus conocimientos y enseñanzas en el tema y entera disponibilidad incluso cuando he necesitado molestarles en sus vacaciones. Sin ellos no podría haber realizado este trabajo.

A todo el claustro de profesores, cuyas enseñanzas a lo largo del año han servido para definir y completar conceptos relacionados con este documento. Este trabajo también tiene un poquito de todos ellos.

Por último a todos mis compañeros de promoción que me han ayudado durante todo el año con los trabajos realizados y los largos días de estudio.

A todos, sinceramente, gracias.



Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo presentar, bajo la visión de las entidades aseguradoras, cómo afecta la nueva regulación de Solvencia II al riesgo de tipos de interés de forma teórica y práctica.

En primer lugar, se describirán los conceptos previos basados en un marco general de los riesgos en seguros y su aplicación bajo la normativa regulatoria de Solvencia II.

A continuación, se centrará en el riesgo de mercado donde, en un contexto teórico del riesgo, servirá de premisa para el riesgo específico de tipos de interés, que, a diferencia del sector bancario, se encuentra incluido en el riesgo de mercado y que es el riesgo objeto de estudio en el presente trabajo.

Para finalizar, se desarrollará, desde un punto de vista práctico, la tarificación de un producto de vida con el fin de analizar cómo afecta a la rentabilidad incluyendo el riesgo de tipos de interés.

Abstract

The present work aims to present, under the vision of the insurance entities, how the new solvency II regulation affects theoretical and practical interest rate risk.

Firstly, it will describe the previous concepts based on a general framework of insurance risks and their application under the Solvency II regulatory framework.

Next, it will focus on market risk where, in a theoretical context of risk, it will serve as a premise for the specific risk of interest rates, which, in contrast to the banking sector, is included in market risk and that is the risk object under study in this work.

To conclude, it will be developed, from a practical point of view, the pricing of a product of life in order to analyze how it affects profitability including interest rate risk.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN



1. Introducción

1.1. Objetivo

Analizar, de forma práctica, cómo afecta el riesgo de tipos de interés a las entidades aseguradoras bajo el nuevo marco regulatorio de Solvencia II.

Para realizar esta práctica, el trabajo se basará en técnicas propias de este riesgo para la determinación de su impacto sobre la rentabilidad en un producto financiero que la entidad aseguradora pudiera sacar al mercado.

1.2. Motivación

Con motivo del nuevo marco regulatorio de Solvencia II, los riesgos financieros y, en concreto, de tipos de interés en entidades aseguradoras juega un papel fundamental a la hora de valorar adecuadamente los productos que la entidad lanza al mercado, evitando operaciones de arbitraje y pérdidas que podrían causar un grave problema a la entidad.

Para ello, las técnicas utilizadas se basarán en la valoración del activo y el pasivo en entornos conocidos como “Risk neutral” y “Real World”, en el que la asunción del riesgo de tipos se valora de formas distintas pues en la primera, el riesgo se transfiere a terceros y en la segunda se asumen todos.



CAPÍTULO II. CONCEPTOS PREVIOS



2. Conceptos previos

2.1. Riesgo y seguro

El ser humano siempre ha estado ligado al riesgo, sin embargo, obtener seguridad ha sido, es y seguirá siendo una de sus preocupaciones fundamentales.

El desarrollo económico hace que surjan nuevos riesgos. Las pérdidas que implican suponen un gasto directo para la persona o empresa afectada, y un coste indirecto para la sociedad.

Estos nuevos riesgos han motivado el interés por estudiar cómo controlar y gestionar las consecuencias económicas desfavorables del riesgo a través de sistemas compensatorios, individualmente o de forma agrupada con otras personas bajo un principio de solidaridad, con la finalidad de eliminar o al menos reducir tales consecuencias.

Las entidades aseguradoras destacan entre las entidades financieras desde el punto de vista de asunción de riesgos, por tomar el riesgo de un número suficiente de asegurados para que se cumpla la ley de los grandes números. El riesgo inherente lo cubren con primas más provisiones aplicando el principio de prudencia según la normativa actual, donde estas provisiones encierran un recargo de seguridad.

Para cubrir las desviaciones desfavorables en la siniestralidad y la materialización de otros riesgos a los que se haya expuesta, la entidad aseguradora dispone de recursos propios.

2.2. Riesgo desde la perspectiva de la entidad aseguradora

El sector del seguro se ve influenciado por la globalización, cambios regulatorios, consolidación, competitividad y, aunque en menor medida con respecto a la banca, los márgenes estrechos, cuyos efectos asociados se convierten en los motores del cambio del sector.

Los antecedentes de la gestión del riesgo en las entidades aseguradoras toma el marco de Solvencia I como perspectiva.

Los análisis de solvencia que se realizan en el marco de Solvencia I en la mayor parte de las entidades se basan en metodologías desarrolladas en los años 70 y que no están basadas en el riesgo global al que una entidad está expuesta. Esto es:



- No refleja la exposición real al riesgo subyacente.
- Falta de coherencia entre capital dotado y el riesgo asumido (no se tiene en cuenta la diversificación).
- Falta de incentivos para una buena gestión del riesgo.

Una vez visto brevemente algún antecedente sobre la perspectiva de riesgo de las aseguradoras, me centraré en la situación actual de los riesgos en las entidades aseguradoras.

En particular, el riesgo para una entidad aseguradora procede de la posibilidad de no poder hacer frente al pago de las obligaciones adquiridas y de una pérdida inesperada que reduzca sus fondos propios disminuyendo su solvencia. El origen del riesgo de una entidad aseguradora tiene diversas fuentes. Algunas de estas fuentes, que nacen en ocasiones por la interacción del asegurado y la aseguradora y otros son consecuencia del ERM moderno (estratégico, contagio, sistémico...), son: Mercado, liquidez, crédito, operacional, mortalidad o supervivencia, estratégico, sistémico, legal, etc.

2.3. Solvencia II como nuevo marco regulatorio

Solvencia II es una iniciativa estratégica y supone el proyecto más importante para las compañías aseguradoras europeas en los próximos años. Supone la gestión de la compañía, desde distintos ámbitos, basada en la eficiencia requerida en el uso del capital en función del apetito al riesgo. Algunos de sus objetivos son:

- Aumentar la estabilidad del sector asegurador y dotar de mayor protección de los tomadores, asegurados y beneficiarios.
- Aumentar la integración del mercado de seguros en la Unión Europea, eliminando las diferencias más importantes entre las legislaciones de los estados miembros.
- Elevar la competitividad internacional y la solvencia de los aseguradores y reaseguradores de la Unión Europea.
- El requerimiento de capital que se determina para cada entidad debe recoger la cantidad de capital necesario para cumplir con todas las obligaciones durante un horizonte de tiempo especificado (un año) a un nivel de confianza definido (99,5%).
- Solvencia II pretende que el requerimiento de capital para cada compañía se determine en base a su nivel de riesgos soportados, en función a los compromisos asumidos y las inversiones realizadas.



Algunas de las ventajas que supone este nuevo modelo de gestión de los riesgos son:

- Mejora del control y la medición de los riesgos, obligando a las entidades aseguradoras a identificar los riesgos claves asociados a su actividad.
- Desarrollo de Modelos que cuantifiquen y gestionen los riesgos a los que está expuesta la entidad.
- Mayor transparencia y atractivo del sector asegurador para los inversores.

A continuación, definiremos brevemente los tres pilares fundamentales en que se basa Solvencia II y que están relacionados entre sí:

2.3.1. Pilar I. Medición de los activos, pasivos y capital

Será el objeto de estudio de este trabajo y está constituido por la cuantificación de los requerimientos de capital bajo un enfoque basado en el riesgo asumido mediante la introducción de normas específicas para cuantificar el capital económico.

2.3.2. Pilar II. Proceso de control y supervisión.

Está integrado por un nuevo sistema de supervisión con el objeto de fomentar la mejora de la gestión interna de los riesgos por las entidades. Existen políticas y protocolos, cuyas decisiones deben quedar constatadas por escrito, y reportes de las funciones clave de la entidad. Por ello, es muy importante la implementación de requerimientos de gobernanza, los cuales contribuyen a una gestión eficaz y prudente del negocio y de los riesgos asociados al mismo. Algunos de estos requerimientos son:

- Auditorías internas: no pueden verse influenciadas bajo ningún concepto por el órgano de administración, por lo que deben llevarse a cabo de acuerdo a un plan preestablecido y asumirán un enfoque basado en el riesgo al decidir sus prioridades.
- Función actuarial: se fundamenta en dos principios, debe garantizar que la empresa tiene capacidad para enfrentarse a posibles conflictos de intereses que pudiesen surgir; y ha de valorar la coherencia de los datos, tanto internos como de procedencia externa, que se hayan empleado para calcular las provisiones técnicas en relación con las normas de calidad de datos indicadas en la Directiva.



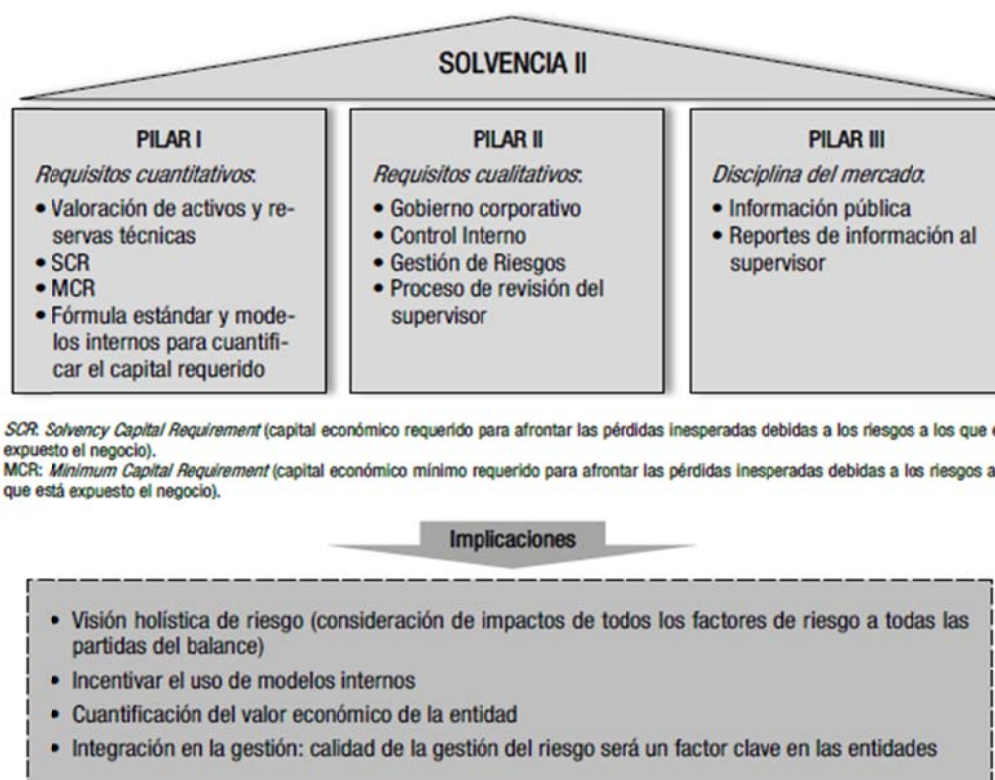
- Control interno: del que debe constatar su importancia y que ha de ser aplicado en todo el grupo. Deben establecerse para ello los sistemas y mecanismos que se consideren oportunos, complementándolos siempre por un sistema de notificaciones, que proporcione información relevante para la toma de decisiones a los órganos de administración, de dirección y de control.

2.3.3. Pilar III. Requerimientos de información.

Exigencias de información y transparencia hacia el mercado sobre los aspectos claves del perfil de los riesgos asumidos por las entidades y su forma de gestión.

Los informes de Solvencia II son los Modelos Cuantitativos Normalizados (QRT), el Informe Regular de Supervisión (RSR) y el Informe Sobre la Situación Financiera y de Solvencia (SFCR).

Gráfico 1: Gestión de riesgos en seguros bajo el marco de Solvencia II



Fuente: "Gestión del riesgo en entidades aseguradoras". Jesús Pérez Pérez.

Tabla 1: Comparativa Solvencia I y Solvencia II en función de los tres pilares

Marco Regulatorio	Pilar I (cuantitativo)	Pilar II (governabilidad y supervisión)	Pilar III (descubrimiento y transparencia)
Solvencia I	<ul style="list-style-type: none"> • Cargos por riesgos simplistas sobre los pasivos contables y/o primas • Ignora lo que se invierte en riesgo • Ignora los beneficios por diversificación • Financiación por acciones y deuda híbrida 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos requerimientos de control 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy pocos requerimientos
Solvencia II	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado coherente de valoración de activos y pasivos • Consideración total de todos los riesgos • Generosos beneficios por diversificación y ALM • Fuentes más amplias de financiación 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste del apetito al riesgo/tolerancias • Asesoramiento anual del propio riesgo y solvencia (ORSA) • Uso de modelos de test para la toma de decisiones y dirección • Aptitud de los altos ejecutivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Divulgación sin precedentes • Sensibilidades • Los factores claves de rendimiento económico • Repercusión de las disposiciones transitorias

Fuente: "Bernstein analysis"

2.4. Pilar I: Regulación cuantitativa de los capitales de solvencia.

El Pilar I tiene en cuenta el aspecto cuantitativo de Solvencia II. Esta parte está dividida en dos: en el capital requerido y disponible. La diferencia existente entre estos dos se denomina Reserva de conciliación o "Capital Buffer", es decir, el capital adicional obligatorio que la aseguradora debe mantener. El ratio de solvencia es la división entre el capital disponible y el capital requerido.

2.4.1. Capital disponible

Se denomina así al capital disponible para el uso en el marco de solvencia II, el cual está dividido en tres partes.

- Capital tangible: capital tangible en libros de la aseguradora, este a su vez el capital más importante en Solvencia II.
- El segundo componente supone un gran cambio respecto a Solvencia I y permite utilizar como capital el 100% del valor presente de los futuros beneficios de seguros de vida. El problema de este capital reside en que es muy sensible a los tipos de interés ya que puede afectar gravemente al cálculo del valor presente.
- Deuda subordinada y otros capitales auxiliares: Este componente es mucho más estricto que en la regulación anterior, es decir, en Solvencia I existía menor regulación sobre este aspecto. En solvencia II, se exige que estos activos estén limitados en ciertos porcentajes en función de cómo sean considerados: como capital Tier 1, capital Tier 2 o capital Tier 3.
 - Capital de Tier 1. Compuesto por la diferencia del valor económico de los activos y pasivos, opciones call-in para mutuas y deuda subordinada si tiene las siguientes características: o Amortizable en más de 5 años desde su emisión o más de 30 años de duración desde su origen o ratings después de todos los asegurados y beneficiarios, los acreedores no subordinados y Tier 2 y Tier 3 de financiación.
 - Capital de Tier 2. Deuda subordinada con las siguientes características: o Amortizable en más de 5 años desde su emisión. o Más de 10 años de duración desde su origen. o Ratings después de todos los asegurados y beneficiarios, los acreedores no subordinados.
 - Capital de Tier 3. Deuda subordinada con las siguientes características: o Amortizable en más de 3 años desde su emisión o más de 3 años de duración desde su origen o ratings después de todos los asegurados y beneficiarios, los acreedores no subordinados. Dentro del componente tercero, el 50% del total del capital tiene que estar compuesto por capital de Tier 1. Por lo tanto, el capital de Tier 1, se ha visto afectado por unos requerimientos mucho más estrictos y por la tenencia en este tercer componente de un mayor porcentaje de capital de Tier 1. Es por lo tanto que se ha permitido un margen de ajuste de 10 años antes de que las normas de Solvencia II en este sean aplicadas en su totalidad.



2.4.2. Capital requerido

Existen dos niveles legales de exigencia de capital:

- “*Minimum Capital Requirement*” (**MCR**) que hace referencia al nivel mínimo de capital imprescindible para que una aseguradora pueda operar en el mercado.
- “*Solvency Capital Requirement*” (**SCR**) considerado como un capital objetivo que debe garantizar un adecuado nivel de protección a los asegurados y consumidores.

El **MCR** tiene designada la función de cubrir shocks simulados con una posibilidad de 1 año entre 7 (un nivel de confianza del 85%). Es el capital mínimo de Solvencia II: Análisis teórico y práctico que una aseguradora debe mantener; en caso contrario, los reguladores deberían intervenir. En el caso del **SCR**, es la cobertura con posibilidad de 1 año entre 200 (un nivel de confianza del 99,5%). Además de tener unas mayores exigencias, si no alcanza el nivel de SCR requerido para la empresa, tiene como obligación el desarrollo de un plan indicando cómo va a obtener ese capital necesario.

La importancia de la cuantificación de este capital objetivo para los aseguradores es grande, ya que su posible variación, con relación a los recursos que actualmente tienen las entidades para este mismo fin (el margen de solvencia), implicaría la necesidad de obtener nuevos capitales o liberarlos según los casos. El cálculo del capital requerido se hará en función de los distintos riesgos que puedan afectar a las aseguradoras. Los principales tipos de riesgo que se encuentran son los siguientes:

- *Riesgo de mercado*: Este riesgo es el mayor de todos para el ramo de Vida (menor riesgo para el ramo de No-Vida) y tiene en cuenta impactos simultáneos tanto en los activos como en los pasivos. Dentro del riesgo de mercado nos encontramos con riesgos más específicos, entre los más importantes cabe destacar los riesgos por tipos de interés, el riesgo de acciones y el riesgo de los diferenciales de crédito.

El riesgo proveniente de los **tipos de interés** puede venir a partir de 3 situaciones: una caída en los tipos de interés, un cambio en la curva de los tipos de interés y por la volatilidad.

Las compañías de seguros, generalmente, tienen desajustes de duración negativa, es decir, la duración de los activos es más corta que la de los pasivos. Por lo tanto, la caída de los tipos de interés actuales significa que el capital económico se reduce, mientras que el valor razonable de los pasivos se eleva más rápido que el valor razonable de los activos correspondientes.



Debido a las opciones y garantías implícitas en los productos financieros (inversiones), el impacto de los tipos de interés sobre el capital no es lineal: cuanto más se acercan las garantías a los tipos de interés, más rápido cae el capital económico por una disminución absoluta dada en los rendimientos. Cuando mayor sea el desajuste de duración y, por tanto, peor la garantía, mayor será el efecto negativo en el capital. Respecto a la forma de la curva de tipos de interés, las inversiones de las aseguradoras expuestas a largo plazo se verán afectadas por la evolución final de la curva.

Por último, la volatilidad es otro aspecto importante a tener en cuenta que, sin embargo, solo es capturado por las empresas que emplean el modelo interno de capital ya que Solvencia II usa directamente la Fórmula Estándar.

Un aumento en los mercados de acciones incrementa el valor de los activos y consecuentemente mejora la solvencia. No obstante, una caída provocaría el caso opuesto. Otro aspecto a tener en cuenta sería las cargas de riesgo que se les aplica a estos tipos de activos, como se desarrollará más adelante. Asimismo, es importante tener en consideración el bajo porcentaje que suele representar en las carteras de las aseguradoras como consecuencia de las cargas de riesgo tan alto que se les aplica a las empresas.

Un cambio en los **diferenciales de crédito** afecta al valor de los activos de renta fija corporativa que suponen un porcentaje importante de los activos de las empresas. Sin embargo, no afecta al valor de los pasivos. Por lo tanto, una caída del diferencial de crédito elevaría el capital económico y mejoraría Solvencia II. La situación opuesta ocurriría si el diferencial de crédito se incrementase. Para la cobertura se ha demostrado que existe cierto tipo de correlación negativa entre los tipos de interés y los diferenciales de crédito, por lo que una caída de un punto básico en el tipo de interés y una subida de un punto básico en los diferenciales de crédito provocarían una compensación prácticamente total.

El capital obligatorio por riesgo de mercado ser igual a:

$$SCR_{Market} = \sqrt{\sum_{ij} Corr_{(ij)} * SCR_i * SCR_j}$$

Dónde:

Σ = Sumatorio que abarca todas las posibles combinaciones i,j .

$Corr_{(i,j)}$ = Representa el parámetro de correlación del riesgo de mercado con respecto a i y j .

SCR_i y SCR_j = Son los capitales obligatorios para i y j .



El parámetro de correlación $\text{Corr}_{(i,j)}$ será igual al elemento indicado en la fila i y la columna j de la siguiente matriz:

Tabla 2: Matriz de correlaciones i, j de los distintos tipos de riesgo de mercado

$i \backslash j$	Tipo interés	Acc	Inmobiliario	Diferencial	Concentración	Divisa
Tipo interés	1	A ¹	A	A	A	0,25
Acc	A	1	0,75	0,75	0	0,25
Inmobiliario	A	0,75	1	0,5	0	0,25
Diferencial	A	0,75	0,5	1	0	0,25
Concentración	0	0	0	0	1	0
Divisa	0,25	0,25	0,25	0,25	0	1

Fuente: "Reglamento Delegado (Artículo 164)". Unión Europea.

- *Riesgo de suscripción:* Los riesgos dentro de la categoría de riesgo de suscripción están asociados tanto a los riesgos cubiertos por las garantías de seguros (incendio, muerte, accidente de circulación, tormentas de viento, terremotos, etc.) y con los procesos específicos asociados con la realización de la actividad aseguradora.

El riesgo sujeto a las obligaciones de la entidad aseguradora. Se trata del conjunto amplio de riesgos, relacionados con el negocio y procesos de la propia actividad de la empresa. Atendiendo al tipo de seguro que se trate, se utiliza un diferente procedimiento.

- *Riesgo operacional:* Este riesgo no supone un porcentaje muy grande del total de la carga (máximo 30%), y supone el riesgo de pérdidas económicas causadas por los procesos internos, personal, sistemas u otros hechos externos que fallen o no sean adecuados. El riesgo operacional se define como "el riesgo de pérdida de procesos

¹ El parámetro A será igual a 0 cuando el capital obligatorio por riesgo de tipo de interés sea igual al sumatorio que abarque todas las combinaciones posibles de i, j . Para el resto de casos $A = 0,5$.



internos inadecuados o fallidos, personas, sistemas o eventos de riesgo...". Son difíciles de cuantificar, por lo que se utilizará inicialmente un enfoque de evaluación cualitativa. Los requisitos de capital para estos riesgos serían demasiado arbitrarios ya que de momento no existen datos cuantitativos. Sin embargo, es concebible que el riesgo operacional se podría cuantificar en el futuro si las compañías de seguros tratasen de recopilar todos los datos relevantes.

Una vez se ha tenido en consideración el capital requerido, se pueden hacer dos importantes reducciones: mediante diversificación y mediante varias acciones que pueden ser realizadas como, por ejemplo, la matriz de probabilidad (análisis de procesos de la entidad, herramientas de auto evaluación e introducción de métricas) e impacto (instrumentos derivados, externalización de actividades o titulaciones) en el caso de utilizar modelos internos. Para el resto de casos utilizaríamos la Fórmula Estándar.

2.4.3. Beneficios por diversificación

Solvencia II incluye la previsión - previa autorización del Supervisor - de los modelos internos, lo cual permite el beneficio por diversificación. No obstante, la fórmula estándar está destinada a actuar como un punto de referencia. La realización de la diversificación proviene de la posibilidad de la empresa de obtener unos beneficios por realizar su negocio en diferentes aspectos, por ejemplo, por líneas de negocio, por situación geográfica etc. Dentro de esas líneas nos encontramos tales como la de accidentes y salud, motor, daño a la propiedad etc.

No obstante, un problema a la hora de definir las diferentes líneas de negocio se encuentra en que muchas de esas pólizas de seguro se venden como un conjunto de varias líneas de negocio, por lo que acciones como estas pueden dar lugar a importantes infra-estimaciones del beneficio por diversificación. La diversificación geográfica es un concepto más reciente en el que se basa en colocar primas y reservas en áreas geográficas teniendo en consideración el riesgo del subyacente. En esas áreas geográficas se reconocen distintos conjuntos como la zona Europea Económica, países de la EFTA (compuesto por Liechtenstein, Islandia, Noruega y Suiza), países de Sudamérica, China, Estados Unidos etc. Otro aspecto donde se puede obtener beneficio por diversificación es por el riesgo de mercado, donde ciertos riesgos tienen correlación muy baja, claros ejemplos de esto son el riesgo de acciones y el riesgo de tipos de interés.



El beneficio por diversificación también puede ser utilizado por el grupo consolidado. No obstante, tiene que estar supervisado por dos razones. Principalmente:

- Evitar que un grupo con filiales no esté en desventaja con una única entidad.
- Dar crédito por diversificación entre entidades.

La aplicación de Solvencia II en el grupo debe de ser calculado en base a sus cuentas consolidadas y utilizando la formula estándar, esto es, se reúnen todos los activos de las empresas y pueden ser utilizados para cubrir la suma de todos los pasivos. Se pueden presentar algunas ventajas y desventajas:

- Evita el problema de la doble cuenta del capital disponible, si se tiene en cuenta que las transacciones dentro del grupo se hayan excluido.
- La estructura de la entidad legal del grupo se ignora por.
- Este modelo no puede ser fácilmente utilizado para la gestión de capital, ya que la diversificación no puede asignarse directamente en la filial.



CAPÍTULO III. RIESGO DE MERCADO



3. Riesgo de mercado.

El riesgo de mercado podría definirse como el riesgo de descenso en el valor de mercado de un activo de la entidad aseguradora debido a cambios en las variables del mercado. Incluye, además, el impacto del riesgo de la gestión del activo y del pasivo de la compañía, riesgo estructural o riesgo de balance y de fallos en su gestión a través de la técnica conocida como ALM (*Asset Liability Management*).

Gráfico 2: Factores de riesgo que afectan al riesgo de mercado



Fuente: "Gestión del riesgo en entidades aseguradoras". Jesús Pérez Peréz.

3.1. Variables generadoras del riesgo de mercado.

Estas son algunas de las variables que generan el riesgo de mercado:

- 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 interés (riesgo de tipo de interés).
- La sensibilidad del valor de los activos, los pasivos y los instrumentos financieros frente a las variaciones en el nivel o la volatilidad de los precios de mercado en las acciones (riesgo de acciones)

- La sensibilidad del valor de los activos, los pasivos y los instrumentos financieros frente a las variaciones en el nivel o la volatilidad de los precios de mercado de la propiedad inmobiliaria (riesgo inmobiliario).
- La sensibilidad del valor de los activos, los pasivos y los instrumentos financieros frente a variaciones en el nivel o la volatilidad de los diferenciales de crédito en relación con la estructura temporal de tipos de interés sin riesgo (riesgo de diferencial o *spread*).
- La sensibilidad del valor de los activos, los pasivos y los instrumentos financieros frente a las variaciones en el nivel o la volatilidad de los tipos de cambio (riesgo de divisas o *forex*).
- Los riesgos adicionales a que esté expuesta una empresa de seguros o reaseguros como consecuencia bien de una falta de diversificación de la cartera de activos o bien de una importante exposición al riesgo de incumplimiento de un mismo emisor de valores o de un grupo de emisores vinculadores (riesgo de crédito por riesgo de concentración en los mercados).
- La falta de correspondencia estructural entre los activos y los pasivos deberá reflejarse adecuadamente en este riesgo, en particular por lo que atañe a la duración como medida de la sensibilidad del cambio de valor del activo o del pasivo ante cambios en los tipos de interés.

Antes de comenzar a hablar de la metodología y la medición del riesgo de mercado debemos saber qué tipos de riesgos y sub-riesgos tiene inherentes.

- *Riesgo de renta variable (Equity o participaciones en capital)*: Es el riesgo de incurrir en pérdidas como consecuencia de una variación en los precios de los títulos de renta variable, es decir, acciones. Este precio viene dado por la evolución de los precios de mercado en los mercados financieros.
- *Riesgo de renta fija*: El riesgo asociado a la renta fija está sujeto al precio de este activo financiero que depende de:
 - *Riesgo de tipo de interés*: Se define como el cambio de precio que experimenta un activo de renta fija ante movimientos en la curva de tipos de interés libre de riesgo existente en el mercado.

Este riesgo tiene mucho peso en el negocio de la entidad porque el valor presente de los flujos futuros de estos títulos cambia cuando lo hacen los tipos de interés. Podemos, además, dividir este riesgo en dos sub-riesgos:



- *Riesgo de Curva de Tipos Direccional (desplazamiento paralelo)*: Se define como la sensibilidad al precio de los bonos ante movimientos paralelos de la curva de tipos de interés. En caso de subidas paralelas el valor de los títulos de renta fija bajará y viceversa.
- *Riesgo de Curva de Tipos (cambio pendiente y/o forma)*: Se define como la sensibilidad de los resultados ante cambios en la pendiente o en la forma de la curva de los tipos de interés.
- *Riesgo de Spread, Diferencial o Prima de Riesgo*: Se utiliza para cinco sub-riesgos: *Riesgo de contrapartida; Riesgo de Spread; Riesgo país; Riesgo de liquidez; y otros riesgos relacionados.*

El riesgo de Spread se considera incluido dentro del riesgo de mercado y se transmite de forma independiente al emisor del título debido a que una vez emitidos los títulos se negocian entre las distintas partes del mercado y afecta a su valoración según se perciba la solvencia o “rating” del emisor.

Cuanto mayor spread menor será el valor de mercado del bono, esto es porque los flujos de caja que esperamos recibir a futuro se verán descontados a un tipo superior que corresponde al tipo de interés de la curva libre de riesgo más el “spread” asociado al riesgo del emisor.

- *Riesgo de tipo de cambio*: Es el riesgo de pérdidas por movimientos adversos de los tipos de cambio de contado entre divisas y se mide en función de la posición neta que se mantenga en cada divisa.

El riesgo de tipo de cambio es la variación de precio que se produce debido a la variación en la tasa de cambio presente de un instrumento financiero definido en una divisa distinta a la de la entidad.

- *Riesgos no lineales: riesgo de opciones*: Este riesgo tiene difícil medición. Al tener característica de no lineal una variación de 1€ en el precio del subyacente de la opción no implica necesariamente una variación de 1€ en el precio de la opción (o prima).

Esta prima está influenciada por las variaciones en el valor del activo subyacente, el nivel de tipos de interés, la volatilidad y el tiempo hasta vencimiento. Estos factores incluyen riesgos que deben controlarse según una serie de indicadores que, comúnmente, se denominan como “griegas”.



Tabla 3: Indicadores del riesgo de activos financieros con opciones

RIESGO				
DELTA	GAMMA	VEGA	THETA	RHO
$\Delta = \frac{\Delta Prima}{\Delta Precio}$	$\Gamma = \frac{\Delta \Delta}{\Delta Precio}$	$V = \frac{\Delta Prima}{\Delta Volatilidad}$	$\Theta = \frac{\Delta Prima}{\Delta Tiempo}$	$\rho = \frac{\Delta Prima}{\Delta Tipo.I}$
Mide cuánto cambia el valor de nuestra posición en opciones cuando cambian los precios de los activos subyacentes	Es el riesgo de que un cambio en los precios de los instrumentos subyacentes provoque un cambio en la posición Delta de una cartera de opciones	Es una medida de la sensibilidad del precio de la opción debido a cambios en la volatilidad implícita de la opción	Es la variación que se produce en el valor de la opción, como consecuencia de la aproximación a la fecha de expiración de la misma	Corresponde al riesgo de variaciones en el valor de la prima de una opción ante pequeñas variaciones en el tipo de interés sin riesgo

Fuente: "Gestión del riesgo en entidades aseguradoras". Jesús Pérez Peréz.

Hay que señalar, además, que las opciones son solo un tipo de instrumentos derivados aunque existen multitud de ellos y que en el caso de entidades aseguradoras, las opciones, no solo están presentes en la parte del activo de la entidad sino también en las del pasivo con participación en los beneficios (carteras de vida), donde el asegurado tiene una opción comprada por el derecho a un valor adicional sobre el tipo de interés mínimo garantizado por la compañía

- *Riesgo de liquidez:* Este riesgo puede definirse de dos maneras:
 - Incapacidad potencial de hacer frente a los vencimientos de las obligaciones financieras, debido a la falta de fondos disponibles, haciendo que la compañía incurra en pérdidas o teniendo que renunciar al crecimiento de los actuales negocios por no poder atender a sus pasivos a corto plazo.
 - Imposibilidad de deshacer una posición debido a la iliquidez de la misma o sufriendo una pérdida en el precio de mercado y en el coste de la transacción.



- *Riesgo de concentración y de correlación:* El riesgo de concentración es el que se encuentra expuesto a una incorrecta diversificación de sus activos financieros.

Para intentar medir correctamente esta diversificación de los activos se utiliza la medida de correlación – cuyo coeficiente se moverá entre 1 y -1, siendo positivo una correlación perfecta y negativo una correlación completamente inversa) – que proviene de la variabilidad de los precios entre los diferentes instrumentos financieros.

Cuanto mayor es la correlación de los activos los precios se moverán en el mismo sentido, por lo que el riesgo de pérdida se verá incrementado. Por el contrario, a menor correlación, menor riesgo, debido a una mayor diversificación en el movimiento de precios.

Por otra parte, las correlaciones es también una medida muy efectiva a la hora de realizar coberturas entre instrumentos cubiertos y aquellos utilizados para efectuar la cobertura. Así, el riesgo de correlación surge cuando la relación real entre el instrumento derivado y la cobertura es diferente a la que se había previsto y la resultante es que la cobertura no compensa completamente las pérdidas en el instrumento cubierto.

- *Look-Through en fondos de inversión:* Consiste en agrupar los diferentes activos financieros los cuales tienen una especial relevancia tanto desde el punto de vista de los riesgos como desde el punto de vista normativo.

Bajo la normativa de Solvencia II, se debe llevar a cabo un desglose por categorías de activos de los fondos de inversión de los activos subyacentes tanto para entidades individuales como para grupos.

El desglose de la cesta de activos que componen el Fondo de Inversión dará como resultado la identificación de los riesgos subyacentes en los que pueden incluirse cualquiera de los riesgos que se han detallado anteriormente.



3.2. Metodología

En las entidades aseguradoras, la metodología se puede distinguir entre dos ramas: “Vida” y “No Vida”.

En una compañía aseguradora de No Vida el riesgo de mercado se medirá normalmente mediante una metodología de “Valor en Riesgo” (VaR), mientras que en una compañía de Vida el riesgo se medirá normalmente a través del casamiento de las carteras de activo y pasivo (técnica ALM).

3.2.1. Ramo de No Vida

El riesgo de mercado de una cartera en una compañía aseguradora de No Vida será, en general pero no necesariamente, inferior al de una cartera de Vida. Esto es porque los activos asociados a una cartera de No Vida tienen, en general, un vencimiento (o duración) inferior al de una cartera de Vida.

El cálculo del valor en riesgo (Value at Risk), lo emplearemos como medida para cuantificar la exposición al riesgo de mercado de la cartera de la compañía en caso de aplicar modelos internos, no necesariamente si aplicamos la fórmula estándar.

El VaR es una de las metodologías más empleadas en la actualidad para la medición y seguimiento del riesgo de mercado. Mide la máxima pérdida potencial que, en condiciones normales de mercado, puede generar una determinada posición.

Entre los tipos de VaR cabe destacar los siguientes:

- *VaR paramétrico o basado en una matriz de covarianzas:* Consiste en resumir toda la información histórica de los mercados en una matriz de covarianzas de los factores de riesgo para, estableciendo supuestos de normalidad, la pérdida máxima con un determinado nivel de confianza.
- *Simulación histórica:* Consiste en observar el comportamiento de las pérdidas y ganancias que se habrían producido con la cartera actual si estuviesen vigentes las condiciones de mercado de un determinado período histórico usando dicha información para inferir la pérdida máxima con un determinado nivel de confianza.
- *Simulación Montecarlo:* Consiste en obtener la pérdida máxima a la que nos exponemos a través de la simulación del comportamiento de las variables de mercado a partir de una distribución de probabilidad específica.



Estas tres metodologías tiene en común el utilizar información sobre el comportamiento pasado de los mercados financieros para aproximar el comportamiento futuro. La diferencia es cómo se procesa y utiliza esa información pasada.

- *Back Testing*: Consiste en valorar las posiciones de la entidad con la situación real durante un período de tiempo determinado, analizando la evolución de los resultados y comparándolo con la situación actual.

Las pruebas de Back Testing se usan como una evaluación del modelo VaR para comprobar si es adecuado, sobrevalora o infravalora los riesgos examinados.

- *Stress Testing*: Mide la repercusión en un momento determinado de las posiciones en entornos muy volátiles y atípicos cuyo impacto pudiese quedar en algún momento diluido en la serie histórica utilizada en el cálculo de la volatilidad histórica del análisis del VaR.

Este método se realiza de forma periódica dependiendo de la situación de los mercados en cada momento. Pueden distinguirse dos tipos de test:

- *Históricos*: Tratan de replicar el efecto que tendrían en la actualidad los diversos escenarios de las crisis pasadas.
- *Hipotéticos*: Utiliza escenarios extremos, intentando generar nuevos escenarios que puedan tener lugar en un futuro y que tengan un impacto directo en el valor de las carteras.

3.2.2. Ramo de Vida

Los principales riesgos a los que está sujeta una cartera de Vida están ligados a su mayor vencimiento. En este sentido, el principal riesgo de la cartera está sujeto al posible impago de los bonos ("default"), que nos impediría hacer frente a su vez al pago de los pasivos y a la variación del precio de los activos financieros, que bajo la normativa actual requeriría que se aportase una mayor cantidad de capital.

Se refiere al riesgo de insuficiencia de las carteras **ALM** para cumplir con los pasivos comprometidos con el asegurado por la evolución de los mercados financieros y la gestión de flujos. Es una gestión encaminada a garantizar la suficiencia de la cartera para atender dichos compromisos, compatible con una adecuada preservación del valor en un horizonte temporal determinado.



Generalmente las entidades han venido aplicando como técnica de cobertura en su gestión activo-pasivo la metodología de “**Cash-flow Matching**” que se refiere a la adecuación en tiempo y en cuantía de los flujos de activo y pasivo o en cuanto a la similitud de sus duraciones para inmunizar el activo y el pasivo frente a las variaciones en los tipos de interés.

Las primas de los asegurados se invierten por lo general en activos de renta fija, y en este tipo de activos es posible conocer anticipadamente los flujos que generan las inversiones.

Por lo tanto estaría expuesta a los siguientes factores de riesgo:

- *Riesgo de reinversión*: Posibilidad de bajada de los tipos de interés a los que puede reinvertir los excedentes generados a lo largo del horizonte temporal de la operación, respecto de la hipótesis de tipos de reinversión utilizada por la entidad al comienzo de la operación.
- *Riesgo de pérdida en el valor de la cartera de renta fija ante cambios en la curva de tipos de interés*: La entidad, en principio, no debería estar sujeta a este riesgo, puesto que, si se ha definido correctamente el casamiento de flujos, la entidad mantendrá los títulos hasta su vencimiento, por lo que las variaciones en el precio de dichos títulos antes de su vencimiento no deberían tener una repercusión directa.

Sin embargo, si hay desfase de flujos y la entidad tiene que volver a reestructurar su cartera, puede verse obligada a su venta antes de vencimiento, por lo que estaría sujeto al riesgo de subidas de tipos de interés que darían lugar a una pérdida en el valor de estos títulos. Para este riesgo, la entidad aplica criterios de sensibilidad para la gestión de activo-pasivo.

- *Riesgo de “Default”*: La entidad dejaría de percibir los flujos de los activos asociados y, por lo tanto, podría no hacer frente al compromiso de pago con sus asegurados.

3.3. Medición

Para saber cómo se mide el Riesgo de Mercado primero hay que tener en cuenta como se medían antes de la llegada del VaR de la que hemos hablado en el punto 3.2 *Metodología*.

Los indicadores que se han venido utilizando para la medición del riesgo de mercado de los instrumentos financieros están en función del grado de sofisticación de la entidad.

Antes de la medición a través de las duraciones se empleaba el nominal de un título. Esto es, a mayor nominal expuesto mayor riesgo pero también a mayor exposición del título a los tipos



de interés o la spread del mercado mayor riesgo por lo que el siguiente paso era considerar el riesgo mediante la duración del activo.

A continuación definiré brevemente los conceptos de duración y duración modificada. Más adelante en el apartado 6 riesgo de tipos de interés, más concretamente el subapartado 6.3 Medición, desarrollaré más profundamente estos conceptos.

- **Duración:** El concepto de duración surgió a partir de la evolución del importe nominal de la renta fija. La duración es la “vida” media ponderada de los flujos de pago de un instrumento, siendo las ponderaciones los porcentajes del valor actual de cada uno de los flujos sobre el precio de mercado de dicho instrumento. Esto es:

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

Dónde:

D = Duración.

T = Tiempo de vencimiento de cada uno de los flujos de caja del instrumento.

CF_t = Flujo de cada del instrumento a vencimiento “t”.

I = Tasa interna de rentabilidad del instrumento (TIR).

P = Precio de mercado del instrumento.

N = Plazo de amortización del instrumento.

La duración mide el cambio porcentual del precio de un activo de renta fija ante un pequeño desplazamiento en paralelo de la curva de tipos. A mayor duración, mayor riesgo de mercado asociado al instrumento.

- **Duración modificada:** Establece la medida en la que baja el valor de la cartera ante una subida en términos absolutos del tipo de interés:

$$D_m = \frac{D}{1 + i}$$

- **Valor presente:** Es el valor presente de un punto básico que representa el valor de la cartera ante desplazamientos paralelos de 1 punto básico en la curva de tipos. Utilizando el concepto de Duración modificada se calcula como:

$$VP = -D_m * P * 0,001$$

Dónde:

D_m = Duración modificada.

P = Precio de mercado de la cartera.

Una vez hemos visto estos indicadores, pasaré a explicar cómo tratar la fórmula estándar en solvencia II y en el que incluiré un ejemplo de elaboración propia.

3.3.1. Tratamiento Fórmula Estándar SII: VaR Calculado Vs VaR Regulatorio

El VaR que hemos visto en el apartado 5.2 Metodología, lo he considerado teniendo en cuenta una serie de parámetros fijos (intervalo de confianza, horizonte temporal...) que hacen que se trate de un cálculo interno.

Este VaR tendrá la consideración de un “Capital Regulatorio” cuando se obtenga mediante una serie de parámetros fijados por la normativa en vigor.

Como ejemplo puedo hablar bajo la nueva normativa de Solvencia II, donde el VaR se ha calculado mediante una serie de hipótesis, entre las cuales se encuentra su calibración a un nivel de confianza del 99,5% para el año inmediatamente próximo.

Es decir, si nuestra cartera de activos fuese exactamente igual a la cartera de activos sobre la que se ha calibrado el capital regulatorio y nuestros parámetros (99,5% y un año) fuesen los mismos, nuestro VaR calculado internamente sería igual al capital regulatorio.

Bajo normativa actual, la medición del riesgo de mercado en Solvencia puede llevarse a cabo mediante un modelo estándar o mediante un modelo desarrollado internamente.

- *Fórmula Estándar:* En la fórmula estándar, a cada uno de los riesgos de mercado se le aplica lo que se denomina un “shock”, es decir, una desviación sobre la posición inicial.

Este “shock” (en %) sería el consumo de capital máximo que podría llegar a perder un activo (por ejemplo un inmueble) en un horizonte temporal de un año y con un intervalo de confianza del 99,5% (fijado por Solvencia II).



Una vez se calculan cada uno de los riesgos de la rama de riesgo de mercado (tipo de interés, spread, etc) se sumarían de forma correlacionada mediante unas matrices de correlación para dar el valor del sub-riesgo de riesgo de mercado.

Cada uno de los sub-riesgos definidos (apartado 1.1 Variables generadoras del riesgo) se calculará de forma separada para sumarse al final con una correlación suministrada por la propia fórmula. Esto quiere decir que el riesgo final será inferior a la suma de los sub-riesgos de mercado.

- *Modelo interno*: La alternativa a la fórmula estándar que una compañía aseguradora puede presentar ante el regulador es la aplicación de un modelo interno por el cual debe cumplir una serie de estrictos requisitos que incluyen, no solo conocer perfectamente su cartera, sino también tener una importante calidad en los datos utilizados para su construcción.

Para poder utilizar el modelo interno la entidad debe demostrar que cumple múltiples requisitos:

- Utilización de datos de una elevada calidad.
- Test de uso continuado por parte de la entidad.
- Metodología y calibración estadística del propio modelo.
- Realización de un *Back Testing* del modelo interno.
- Explicación de las causas de pérdidas y ganancias.
- El modelo debe haber sido objeto de validación basado en una forma muy intensa en la correcta documentación de dicho modelo interno.
- Debe reflejar la realidad de la aseguradora, es decir, la imagen fiel, mejor que la fórmula estándar.

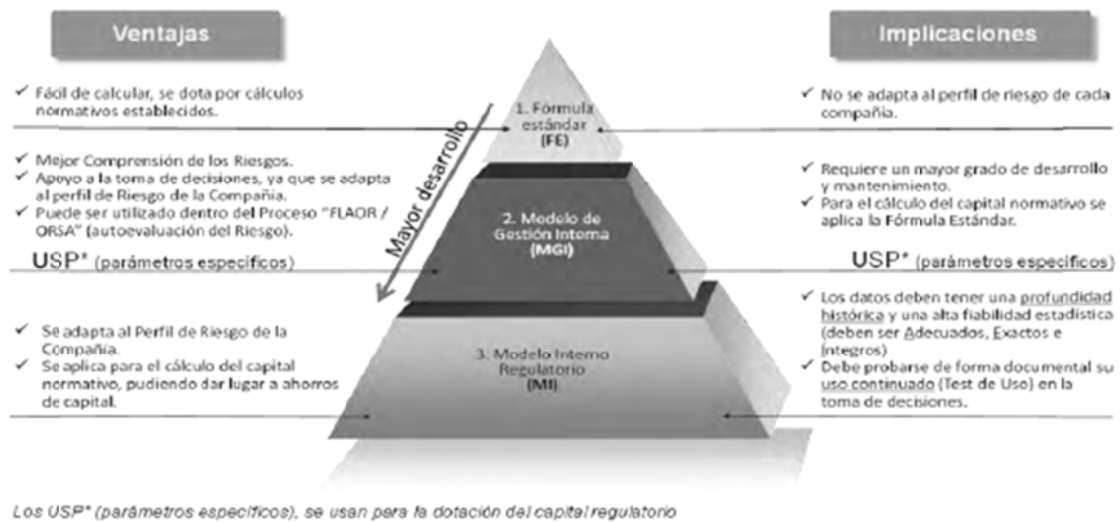
Si la entidad cumple con estos requisitos – que son solicitados por la Directiva – el regulador debería aprobarlo en un plazo máximo de seis meses desde su solicitud. En caso contrario, la entidad se vería obligada a usar el método de la fórmula estándar descrita anteriormente.

Por último, cabe destacar que como alternativas intermedia a la creación de un Modelo Internos podríamos hablar sobre:

- La utilización de los parámetros específicos para el pasivo o “*Undertaking Specific Parameters (USP)*”, que se utilizarían para la dotación de capital.
- La utilización de un modelo interno de gestión sin llegar a la dotación de capital. En tal caso se consideraría como un modelo interno frente al regulador.



Gráfico 3: Fórmula Estándar y Modelos Internos bajo Solvencia II



Fuente: "Gestión del riesgo en entidades aseguradoras". Jesús Pérez Pérez.

3.4. Mitigación

Para una entidad aseguradora, una forma para mitigar, reducir o controlar el riesgo de mercado es definiendo el apetito al riesgo de la entidad.

Para ello, mediante una estructura de límites, tiene que establecer un sistema de control para no incurrir en los riesgos no deseados, gestionando los niveles de riesgo que se encuentran dentro de los parámetros dados.

En Solvencia II, el Consejo de Administración es el responsable de aprobar el apetito al riesgo que la entidad desea asumir y que se comunica directamente al departamento de riesgos para su control y gestión.

En general, los límites fijados en el riesgo de mercado deben seguir un proceso como este:

Gráfico 4: Proceso de fijación de límites en riesgo de mercado



Fuente: “Gestión del riesgo en entidades aseguradoras”. Jesús Pérez Pérez.

Los factores determinantes de esta estructura pueden determinarse, como he comentado anteriormente, en función de los nominales, las duraciones, las sensibilidades o el VaR.

Por último, estos informes sobre la medición de una cartera de instrumentos financieros deben recogerse en los informes de control de riesgos correspondientes. Así, la dirección de la entidad podrá obtener un seguimiento sobre dicha información para la toma de las decisiones. Como ejemplo de estructura de límites de riesgo de mercado – referidos al VaR – de dos carteras gestionadas para una entidad de ramo “No Vida”, en el que se diferencia el VaR de las carteras, de la pérdida máxima que puede tener cada una de ellas.

Tabla 4: Ejemplo estructura de límites para ramo NO-Vida

Carteras	VaR actual	VaR máximo	Consumo VaR	Pérdida máxima	Rentabilidad	Rentabilidad Simulación
Cartera 1	0,81%	2,55%	31,70%	3,00%	3,61%	-0,43%
	0,69%	2,14%	32,21%	3,00%	2,53%	-0,62%
Cartera 2	0,88%	2,56%	34,40%	3,00%	3,62%	-0,34%
	0,81%	2,54%	31,94%	3,00%	3,56%	-0,43%
	0,83%	2,52%	32,95%	3,00%	3,51%	-0,40%

Fuente: “Gestión del riesgo en entidades aseguradoras”. Jesús Pérez Pérez.



CAPÍTULO IV. RIESGO DE TIPO DE INTERÉS



4. Riesgo de tipo de interés

El riesgo de tipo de interés podría definirse 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 a la volatilidad de los tipos de interés.

4.1. Variables generadoras del riesgo

En solvencia II se define el riesgo de tipos 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 en la variación de los tipos de interés puede medirse mediante su volatilidad (que veremos más adelante).

Al aumentar la volatilidad se incrementa la probabilidad de que aparezcan variaciones en el nivel de los tipos de interés. Sin embargo, también la volatilidad interviene directamente en la valoración de algunos instrumentos financieros (como por ejemplo las opciones). Por eso debo considerar tanto el nivel como la volatilidad como aspectos importantes en la variación de los tipos de interés.

Algunas de las variables que generan el riesgo de tipo de interés son:

- Incompatibilidades en el horizonte temporal a vencimiento (corto, medio y largo plazo)
- Los períodos de amortización.
- El tipo de tipos de interés (fijo o flotante).
- La calidad crediticia de los instrumentos financieros.
- Déficits gubernamentales.
- Política monetaria.
- Balanza comercial.
- Inflación.



4.2. Metodología

La metodología en el riesgo de tipo de interés en entidades aseguradoras voy a basarla tres métodos distintos:

- Tipos de Interés
 - Tipo interés al contado o Spot.
 - Tipo interés a plazo o Forward.
 - Rentabilidad a vencimiento o TIR.
- Modelos o escenarios estocásticos.
- Estructura temporal de los tipos de interés (ETTI).

4.2.1. Tipos de interés

Los tipos de interés pueden expresarse en tiempo discreto o continuo (tanto instantáneo). Cuando se expresan en tiempo discreto miden la variación que experimenta cada unidad e cuantía por cada unidad de tiempo transcurrida, siendo ese tiempo medible en años, meses, etc.

El tipo de interés instantáneo mide lo mismo, pero en cada instante de tiempo, es decir, se obtiene como límite del tipo de interés discreto cuando la amplitud del intervalo a que va referido tiende a cero.

Los tipos de interés determinan el precio de los distintos activos de renta fija en el mercado, por lo que conocerlos será de mucha utilidad pues es el valor que el mercado otorga a cada activo.

- *Tipo interés al contado o Spot*: El tipo de interés al contado para un plazo n es el rendimiento que proporcionaría un título cupón cero que no tuviera asociado ningún riesgo y que resultase amortizado dentro de n períodos. Por lo que habría que verificar que:

$$v(0, n) = v(n) = \frac{1}{(1+R_n)^n}$$

Y, trabajando con el tanto instantáneo, la expresión quedaría de esta forma:

$$v(0, n) = v(n) = e^{-0r_n * n}$$



También toda función de descuento debe cumplir con las siguientes características:

- Valor siempre entre 0 y 1, tal que: $0 < v(t) \leq 1$
- Su valor en cero es uno: $v(0) = 1$
- Su valor en el infinito tiende asintóticamente a cero: $\lim_{t \rightarrow \infty} v(t) = 0$

Una vez conocidos estos tipos al contado o spot, podría valorarse los activos de renta fija, puesto que serían conocidos los tipos de interés asociados a cada plazo con los que descontar esos pagos conocidos. Con esto, podrían valorarse incluso los títulos con cupones vencidos.

- *Tipo de interés a plazo o Forward:* Sean ${}_0R_1$ y ${}_0R_2$ los tipos de interés anuales discretos al contado vigentes en el momento 0 para los plazos (0,1) y (0,2), se define el tipo de interés a plazo o Forward vigente en 0 y correspondiente al plazo (1,2) al valor ${}_0F_{1,2}$ que verifica:

$$(1+{}_0R_2)^{(2-0)} = (1+{}_0R_1)^{(1-0)} * (1+{}_0F_{1,2})^{(2-1)}$$

Trabajando con el tanto instantáneo, la expresión quedaría de esta forma:

$$e^{0r_2*2} = e^{0r_1*1} * e^{0f_{1,2}*(2-1)}$$

Y, aplicando logaritmos a esta expresión:

$$0r_2 * 2 = {}_0r_1 * 1 + {}_0f_{1,2}(2 - 1)$$

El tipo discreto y continuo se relacionan a través de la siguiente expresión:

$${}_0f_{1,2} = \ln(1+{}_0F_{1,2})$$

El tipo de interés forward correspondiente a un determinado plazo (1,2) no es más que el tipo de interés que debería estar vigente en 1 para que el resultado de una inversión al plazo (0,2) produzca idéntico resultado que invertir al plazo (0,1) y reinvertir la cantidad resultante en una segunda operación a un plazo de amplitud 2.

La relación entre el tipo forward instantáneo y el tipo spot es la siguiente:

$$e^{-\int_0^t f(s)ds} = (1+{}_0R_t)^{-t} = v(t)$$

- *Rentabilidad a vencimiento o TIR:* Convencionalmente, se expresa el precio de un bono como función de su tasa interna de rendimiento (TIR). Esta tasa se define como aquella que, utilizada para descontar cada uno de los pagos de un bono, iguala la suma del valor presente de los mismos al precio del bono.

La rentabilidad a vencimiento se puede obtener planteando la siguiente ecuación de equivalencia:

$$P = \sum_{s=1}^n \frac{I}{(1+r)^s} + N * (1+r)^{-n}$$

Donde r es la rentabilidad del bono.

En el caso de que el precio coincidiera con el valor nominal, esa rentabilidad coincidiría con el porcentaje al que se pagan los cupones. Suele ser habitual expresar el nominal como 100, indicando que se trata del cien por cien de la cuantía prestada, con lo que los cupones vendrán también expresados en tanto por ciento.

Al igual que en el tipo spot y tipo forward, la rentabilidad puede trabajarse con un tanto instantáneo:

$$P = \sum_{s=1}^n I * e^{-y*s} + N * e^{-y*n}$$

Donde la rentabilidad la medimos en este caso con el tanto instantáneo.

Si los cupones que se pagan no fueran constantes, la rentabilidad al vencimiento, conocido el precio del título sería:

$$P = \frac{I_1}{(1+r)^1} + \frac{I_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{I_n+100}{(1+r)^n} \quad \text{En tiempo discreto}$$

$$P = I_1 * e^{-y*1} + I_2 e^{-y*2} + \dots + (I_n + 100)e^{-y*n} \quad \text{En tiempo continuo}$$



Estas rentabilidades r e y reciben el nombre de *tasa interna de rentabilidad* (TIR) y suele ser un dato que acompaña a los precios de los activos de renta fijas.

4.2.2. Modelos o escenarios estocásticos

Para hablar de modelos estocásticos es necesario centrarnos en el marco de Solvencia II, donde se encuentran dos grandes ámbitos:

- Valoración de opciones y garantías.
 - Modelos internos.
-
- *Valoración de opciones y garantías:* Solvencia II exige a las entidades aseguradoras el cálculo denominado “Best estimate” del valor de su pasivo, es decir, es el cálculo que se realiza sobre la base de la mejor estimación de los flujos de caja futuros que se establecen en función de los patrones de pagos de cada línea de negocio y de la ocurrencia para considerar su grado de maduración.

Para realizar esta valoración, la mejor opción es a través de escenarios estocásticos de las principales variables de mercado (tipos de interés e inflación).

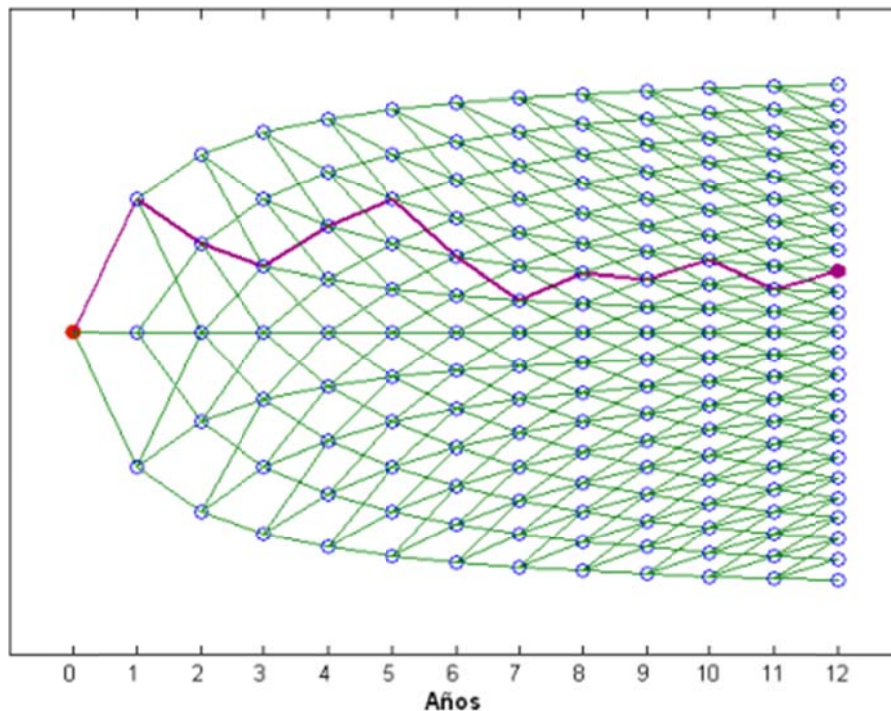
Estos escenarios deben ser generados por modelos libres de arbitraje y consistentes con la información de mercado, marco conocido como risk neutral o “mundo riesgo neutro”.

Los escenarios de tipos de interés deben cumplir las siguientes características:

- Proporcionar tipos de interés positivos.
- Exhibir reversión a la media a largo plazo.
- No superar un nivel máximo predeterminado.



Gráfico 5: Árbol trinomial utilizado en los modelos de tipos de interés



Fuente: "Escenarios estocásticos para Solvencia II". AFI.

De la misma manera, en el caso de la inflación, los escenarios:

- Proporcionar tasas de inflación positiva y negativa.
- Exhibir reversión a la media a largo plazo.
- Dar niveles realistas de inflación.

Ambos escenarios (tipos de interés e inflación) están correlacionados entre sí de tal manera que dependiendo de las necesidades de cada entidad es posible que requieran escenarios de otros factores de riesgo de mercado, como renta variables, spreads de crédito y defaults.

- *Modelos internos:* Solvencia II admite el uso de modelos internos para calcular los requerimientos de capital de cualquiera de los factores de riesgo, esto es, estimar la distribución de pérdidas correspondientes y determinar su percentil 99,5%.

La distribución de pérdidas a plazo de un año se puede estimar por el método de Monte Carlo, usando escenarios estocásticos.

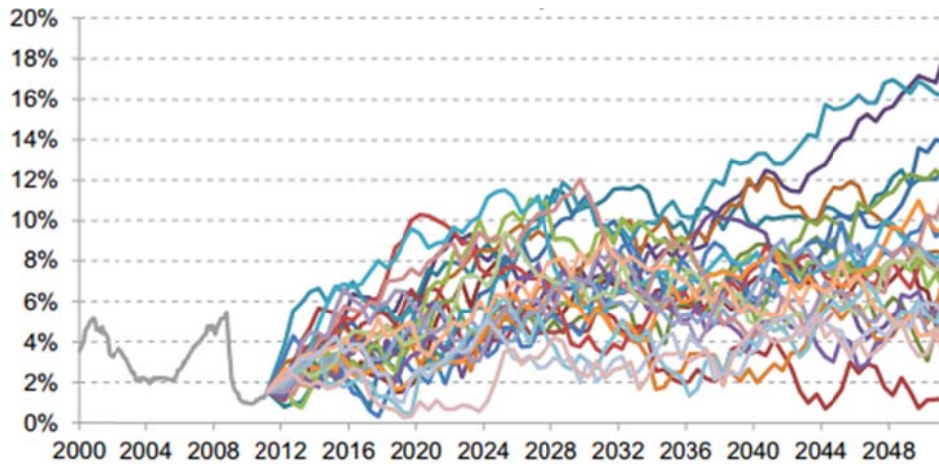
A diferencia de la valoración de opciones y garantías, los escenarios en modelos internos deben ser consistentes con la experiencia historia y se deben generar mediante un análisis



estadístico de las series históricas pertinentes, con el fin de obtener una distribución real de los posibles valores del factor de riesgo.

Este marco se conoce como real world o “mundo real”, el cual requiere una modelización que capte las características principales de la evolución y distribución históricas de los factores de riesgo, tales como reversión a la media, colas gruesas o volatilidad estocástica entre otras.

Gráfico 6: Escenario de evolución de los tipos de interés



Fuente: “Escenarios estocásticos para Solvencia II”. AFI.

4.2.3. Estructura temporal de tipos de interés (ETTI)

La ETTI se puede definir como la evolución de las rentabilidades exigidas por el mercado por la cesión de fondos a vencimientos, en general, de 1,2 o 10 años pero la evolución puede estudiarse a cualquier vencimiento debido a que la **curva** es **continua**.

Por otra parte, también dependen de dos factores más:

- Divisa: Donde las rentabilidades generadas por dos bonos idénticos emitidos en diferente moneda son diferentes.
- Calidad crediticia: En este caso del receptor de los fondos porque existe la posibilidad de que el emisor del bono no pueda hacer frente al pago de los cupones o la devolución del principal.

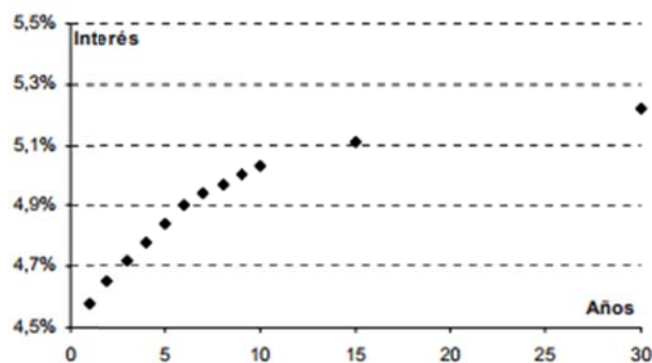
Ante estos 3 factores (vencimiento, divisa y calidad crediticia) pueden producirse, en dos bonos completamente distintos, una compensación de estos factores de riesgo. Es decir, suponiendo un bono que ha sido emitido por una entidad con baja calificación crediticia, a corto plazo, y poco riesgo de divisa, podría ocurrir que su rentabilidad sea la misma a la de otro bono con características inversas porque el mayor riesgo del primer bono debido al factor de calidad crediticia baja puede verse compensando con el menor riesgo derivado de los otros dos factores (vencimiento y divisa).

Ante este escenario, es posible elaborar una ETTI que refleje la evolución temporal de los tipos de interés dónde se pueden tener en cuenta diferentes mercados, intentando, por otra parte y en la medida de lo posible, respetar la homogeneidad de divisa y prestatario.

En dicha elaboración, la curva de interés sin riesgo en divisa nacional, el tipo a corto plazo (<1 año) suele estimarse en referencia a las letras del tesoro o al mercado interbancario del país en cuestión. Para plazos a largo se usan las rentabilidades correspondientes a bonos cupón cero con calidad crediticia máxima.

La curva es discontinua porque está compuesta por los tipos de interés correspondientes a determinados plazos de la curva. Esto es:

Gráfico 7: Estructura temporal de tipos de interés discontinua

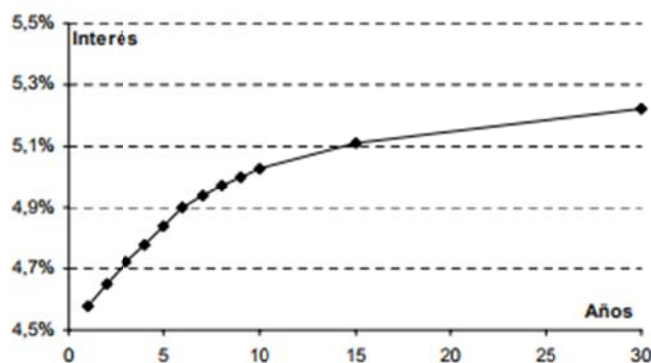


Fuente: "El riesgo de tipo de interés. Experiencia española y Solvencia II". Francisco Cuesta Aguilar.

Con el objeto de que pueda asociarse un tipo de interés a cualquier instante en que el activo pueda generar un flujo de cobro se procede a la interpolación lineal² de la ETTI.

² El BCE, sin embargo, utiliza el modelo de Svensson.

Gráfico 8: Interpolación lineal de la Estructura temporal de tipos de interés



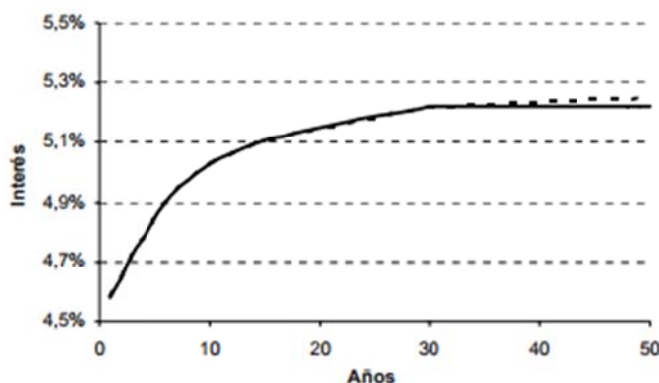
Fuente: "El riesgo de tipo de interés. Experiencia española y Solvencia II". Francisco Cuesta Aguilar.

También puede darse la circunstancia de tener que disponer de los tipos de interés correspondientes a plazos para los que no existen activos disponibles en el mercado.

Un ejemplo puede ser la valoración de pasivos que las entidades aseguradoras tienen en plazos de 30, 40 o 50 años.

En tal caso, si la curva de interés de la que se dispone finaliza en el año 20, será necesario efectuar una extrapolación de la curva que permita la valoración de los flujos correspondientes a plazos superiores. En la práctica, mantener constante el último tipo de interés de la curva o estimar un pequeño crecimiento de la misma suelen ser las opciones más utilizadas.

Gráfico 9: Extrapolación lineal de la Estructura temporal de tipos de interés



Fuente: "El riesgo de tipo de interés. Experiencia española y Solvencia II". Francisco Cuesta Aguilar.

- Incremento y disminución en la estructura temporal de los tipos de interés: Para hablar de cómo incrementa o disminuye la ETTI es necesario hacer referencia al capital obligatorio por riesgo de tipos.

El capital obligatorio por riesgo de tipo de interés será igual al mayor de los siguientes importes:

- suma, con respecto a todas las divisas, del capital obligatorio frente al riesgo de incremento en la estructura temporal de tipos de.
- La suma, con respecto a todas las divisas, del capital obligatorio frente al riesgo de disminución en la estructura temporal de tipos de interés.

Una vez definido cuál será el importe del capital obligatorio por riesgo de tipos, tanto para un aumento como para una disminución de la ETTI, el comportamiento es similar: El capital obligatorio frente al riesgo de incremento o disminución en la estructura temporal de tipos de interés con respecto a una divisa determinada será igual a la pérdida de fondos propios básicos que resultaría de un incremento o disminución instantáneo de los tipos de interés sin riesgo básicos en dicha divisa en diferentes vencimientos, de conformidad con la siguiente tabla:



Tabla 5: Aumento y disminución de la Estructura Temporal de Tipos de Interés

Vencimiento (años)	Incremento	Disminución
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%
90	20%	20%

Fuente: “Reglamento Delegado (Artículo 166-167)”. Unión Europea.

En lo que respecta a los vencimientos no especificados en la tabla anterior, el valor del incremento se obtendrá por interpolación lineal. Para los vencimientos inferiores a un año, el incremento será del 70 % (75% en caso de disminución). Para los vencimientos superiores a 90 años, el incremento será del 20 % en ambos casos. 2. No obstante, en el caso de los tipos de interés sin riesgo básicos negativos, la disminución será nula también para ambos casos.



4.3. Medición

El riesgo de tipo de interés puede afectar a las inversiones de dos maneras distintas:

- La primera produce alteraciones en el valor de mercado de los activos financieros cuyos flujos de caja son independientes de los tipos de interés (bonos y obligaciones de estado).
- La segunda altera el valor de los flujos de caja si de alguna manera dichos flujos están relacionados con el valor del tipo de interés (bonos con cupones variables).

Sin embargo, las características que hacen que se reduzcan la influencia del riesgo de tipo de interés en una de ellas, tiende a aumentar en el otro.

Un bono, por ejemplo, es inmune a las variaciones de los tipos de interés pero no así su precio o, por el contrario, el precio de un bono con cupones variables es prácticamente inmune al riesgo de tipo de interés pero no así sus flujos de caja. Dicho esto, si quiero que el riesgo de tipos no afecte a los flujos de caja es preferible tener inversiones con flujos constantes y a mayor plazo posible, es decir, adquirir bonos a largo plazo con cupones variables en función de los tipos de interés de mercado.

4.3.1. Duración

Para poder medir el riesgo de tipo de interés debo centrarme en el mercado de renta fija aunque también esta medida puede utilizarse en otro tipo de activos financieros distintos de los bonos.

Esta medida es la Duración Modificada. Sin embargo, primero tengo que mencionar el concepto de Duración el cual podría definirse como la media ponderada de los vencimientos de los capitales a que da derecho, tomando como pesos de ponderación los valores actuales de las cuantías de dichos capitales.

La duración puede calcularse a través de distintas leyes financieras pero la más utilizada es la ley financiera de descuento compuesto en tiempo discreto:

$$D = \frac{t_1 * VA(c_1) + t_2 * VA(c_2) + \dots + t_n * VA(c_n)}{VA(c_1) + Va(c_2) + \dots + VA(c_n)}$$



Dónde:

D = Duración

t = tiempo

VA = Valor Actual

c = cupón del período

En la definición, sin embargo, no se especifica el tipo de interés utilizado para descontar los capitales por lo que surgen distintos tipos de duración.

La más utilizada es la *Duración de Macaulay* en la que se descuenta con la TIR del título:

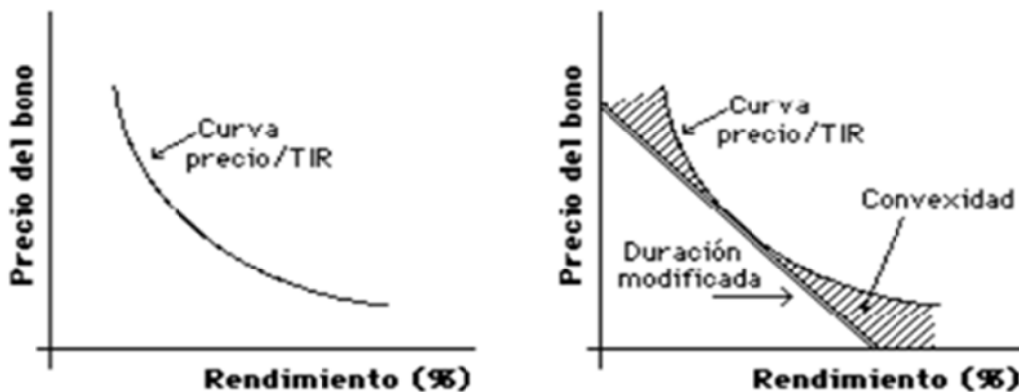
$$D_{Mac} = \frac{t_1 * c_1 * (1 + TIR)^{-t_1} + t_2 * c_2 * (1 + TIR)^{-t_2} + \dots + t_n * c_n * (1 + TIR)^{-t_n}}{c_1 * (1 + TIR)^{-t_1} + c_2 * (1 + TIR)^{-t_2} + \dots + c_n * (1 + TIR)^{-t_n}}$$

Sin embargo, hasta ahora, no he tenido en cuenta la volatilidad de los bonos, es decir, la sensibilidad de su precio de mercado en relación a los cambios que se produzcan en el tipo de interés.

Para conectar los conceptos de volatilidad y duración hay que echar mano de la Duración Modificada (D^*) que no es más que la primera derivada de la función que dibuja la curva precio/rendimiento o, dicho de otra forma, la pendiente de la curva precio/rendimiento en un punto determinado que coincide con el rendimiento actual y que actúa de punto de tangencia entre ella y la recta representativa de la duración modificada:

$$D^* = \frac{D}{1 + TIR}$$

Gráfico 10: Curva precio/rendimiento respecto a duración modificada y convexidad



Fuente: "El Riesgo de Interés". Juan Mascareñas

La duración es función de una serie de variables por lo que, por ejemplo, la duración es mayor cuanto menos sea el valor de los cupones, cuanto menor sea la tasas de rendimiento hasta el vencimiento o cuanto mayor sea el plazo de tiempo que le quede de vida a la emisión.

Los bonos cupón cero, por ejemplo, son los que tienen mayor duración que además coincide con su vencimiento y, por tanto, los que tienen mayor riesgo de interés. Por supuesto, en circunstancias opuestas la duración será menor.

Por concluir: La duración actúa como un multiplicador dado que cuanto más grande sea mayor será el impacto – de signo contrario – en el precio de los bonos ante un cambio de los tipos de interés.

4.3.2.Convexidad

El concepto de convexidad puede apreciarse en la figura 1 expuesta anteriormente y podría decirse que esa zona rallada, que es la convexidad, es el “error” de estimación de la curva precio/rendimiento de la duración modificada.

El concepto de convexidad nace de predecir dicho error y que no es más que la **segunda derivada** de la curva y muestra cómo varía la duración modificada cuando se alteran los tipos de interés.

$$\frac{d^2P}{dr^2} = \frac{1}{(1+r)^2} \sum_{j=1}^n \frac{j(j+1)Q_j}{(1+r)^j}$$

Dónde:

Qj = cupón que el bono proporcionará en el período j

n = máximo nº de períodos

r = TIR en el momento del análisis

P = Precio de mercado del bono en el momento t0

Para calcular la convexidad haremos la segunda derivada y lo dividiremos entre el precio de mercado del bono. Con que si quisiera averiguar, por ejemplo, la variación en el precio del bono debido a un **incremento** de un 1% en el tipo de interés sumaría la variación producida por la duración modificada (que aparecería en signo negativo) y la producida por la convexidad para la misma variación en el rendimiento (1% = 100 Puntos Básicos).



4.4. Mitigación

Con el fin de mitigar el riesgo de tipos de interés en entidades aseguradoras, me centrare en la parte relacionada con los métodos de Cash-Flow Matching, inmunización por duraciones y gestión de carteras.

- *Casamiento de flujos o Cash-Flow Matching*: El método de casamiento de flujos o Cash-Flow Matching tiene como objetivo invertir las primas obtenidas de tal forma que, en cada momento, los flujos de caja que se obtengan con las inversiones permitan hacer frente a las coberturas aseguradas, es decir, consiste en hacer que coincidan en el tiempo y cuantía los vencimientos de los activos y los pasivos, de manera que, sin tener que vender el activo, puedan pagarse las deudas que van venciendo en el pasivo.

Eliminando el proceso de venta de los activos se consigue que la evolución del tipo de interés no afecte a los valores por lo que se puede prefijar la rentabilidad a obtener a través de la rentabilidad a la que se compró el activo en el momento de generar la cartera que coincide con el pasivo.

Sin embargo, este método, alberga una serie de inconvenientes:

- La estructura del activo se vuelve muy rígida.
 - El mercado de activos ha de ser muy amplio y profundo para poder replicar perfectamente a la cartera de pasivos.
 - Funciona bien cuando el pasivo tiene un plan de devolución conocido de antemano, pero empiezan a surgir problemas cuando el pasivo funciona de forma más o menos aleatoria.
-
- *Inmunización por duraciones*: Está basada en el concepto de duración de un producto financiero desarrollado por Macaulay. Inmunizar consiste en conseguir una cartera para un determinado período de tiempo en el que su valor final a dicho período sea el mismo independientemente de cual sea la variación de los tipos de interés que se den hasta ese momento.

Dicho esto, la forma básica de inmunizar una cartera es conseguir que el horizonte de planificación coincida con la duración de la cartera.

Sin embargo, el concepto de inmunización en **ALM** (*Asset Liability Management*) es algo más amplio ya que, básicamente, consiste en que activo y pasivo tengan el mismo valor actual y la misma duración.



Teniendo en cuenta que la duración es una medida para actuar frente al riesgo que tiene un producto financiero, si dos productos tienen la misma duración deben actuar de la misma forma ante los cambios en los tipos de interés. Así, si el pasivo y el activo coinciden en la duración, es decir, ante cambios en el tipo de interés, cuando el pasivo aumente, el activo aumentará en la misma proporción y por lo tanto será capaz de hacer frente al pago de las deudas a pesar de la subida.

La ventaja que tiene la inmunización frente al cash-flow matching es que la inmunización puede vender los activos para pagar la deuda y, por tanto, posee una mayor flexibilidad de la cartera. Sin embargo también tiene una serie de inconvenientes:

- La duración es una medida que cambia a lo largo de la vida de los productos financieros por lo que se necesitan hacer continuos ajustes de la cartera a medida que se va desajustando la duración del activo y del pasivo.
 - Una buena inmunización depende del tipo de medida que la duración esté utilizando y de las hipótesis que esas medidas tengan de los cambios que se puedan producir en los tipos de interés.
-
- *Gestión de carteras:* Es el método o técnica que más desarrollo está teniendo. Se trata de seleccionar el tipo y cuantía de los productos financieros que deben formar parte de la cartera de activos y pasivos, normalmente a través de técnicas de optimización.

Se suele utilizar como restricción en el proceso de optimización la cartera de pasivos a cubrir y lo que se optimiza es la cartera de activos a seleccionar.

Dentro de estos tres métodos, las diferencias radican en el tratamiento que se hace de:

- El horizonte temporal (período único o varios períodos).
- Relaciones entre activos y pasivos (tipos, formas de medir, etc).
- Aleatoriedad de las carteras.



Tabla 6: Características de los métodos de ALM

Características	Cash-Flow Matching	Inmunización por duraciones
Riesgos considerados	Se mitigan en gran medida los riesgos de tipos de interés y de liquidez. El principal riesgo soportado por el asegurador es el riesgo de insolvencia, si bien la normativa establece determinadas restricciones para limitar el mismo	
Activos aptos (de la más alta calificación crediticia: AAA; AA; A; o BBB)	Tesorería Depósitos Renta Fija	Tesorería Depósitos Renta Fija Renta Variable
Requerimientos de la gestión	Flujos de activos = Flujo de pasivos.	Valor actual de activos = Valor actual de pasivos
	Se permite cierta flexibilidad para desfases temporales limitados	Duración de activos = Duración de pasivos
		Convexidad de activos = Convexidad de pasivos
Ventaja comparativa	Cálculo de la provisión matemática en función de la relación existente entre los Activos y los Pasivos	Cálculo de la provisión matemática en función de la relación existente entre los Cobros y la Rentabilidad imputada

Fuente: "Instituto de actuarios españoles"



CAPÍTULO V. CASO PRÁCTICO



5. Caso práctico

5.1. Introducción

Con el fin de realizar un trabajo más completo en el que pueda observarse - al menos una parte - la funcionalidad de lo descrito teóricamente en la parte de riesgo de tipos de interés, he decidido realizar un caso práctico en **Excel** con código también en **Visual Basic**, el cual irá en el **Anexo** del trabajo con alguna explicación detallada.

Para la elaboración del caso he desarrollado la **tarificación** de un **producto de vida** en el que un cliente, con una serie de parámetros aleatorios, paga una prima inicial, también aleatoria pero acotada, con el fin de obtener una rentabilidad a vencimiento. Dicha rentabilidad será nuestra provisión matemática, obtenida a través de cálculo actuarial, realizando una estrategia de “*pricing*” sobre el producto.

A continuación, definiré los parámetros utilizados inicialmente:

Tabla 7: Parámetros iniciales de la tarificación

Edad	62
Sexo	M
Prima	440,000
Interés/Mínimo Garantizado	1.79%
Vencimiento	9
Comisiones	0.1%
Margen financiero	0.40%
Lapses/Rescates	1%
Penalización Lapses (Rescates)	85%
Best Estimate	1
Capital Fallecimiento	440,000
Bono	Ejemplo a la par
Market Value	440.000
Cupón	2,19%
Clase de Activo	BBB SPREAD

Fuente: Elaboración propia



Dónde:

- Edad, sexo, prima y vencimiento son parámetros aleatorios. En el caso de la prima está acotada entre un mínimo de 10.000€ y un máximo de 600.000€.
- El interés/Mínimo garantizado es el resultado de sumar la tasa de interés sin riesgo (*Risk free*) y el *Spread* de un bono triple B (BBB) – el margen financiero.
- Las comisiones, los lapses, la penalización por lapses y el *Best Estimate* son parámetros fijos.
- El margen financiero será de 0,40% en el caso de un bono BBB y de 0,1% en caso de un bono español.
- El capital de fallecimiento será igual a la prima, pues si el cliente falleciese antes de vencimiento se le devolvería la prima. No se obtendría beneficio actuarial porque no se ha contemplado un margen por el fallecimiento.
- En el ejemplo propuesto el bono será negociado a la para que los cálculos sean más sencillos.
- El valor de mercado o market value será igual a la prima.
- El cupón será igual al resultado de sumar la tasa de interés sin riesgo y el spread del bono.

5.2. Cálculos actuariales. Estrategia “Pricing”

A continuación, he desarrollado un cálculo actuarial mediante una estrategia de “pricing” que, como veremos, en un entorno de “Mundo Real” o “Real World (RW)” se obtendrían una P&L positiva, debido a que se asumen los riesgos sin transferirlos a terceros y que, equivocadamente en muchos casos, se creen resolutivos para sacar el producto al mercado. En el entorno “Mundo riesgo neutro” o “Risk Neutral (RN)” veremos que la P&L es negativa pero transfiriendo todo el riesgo a terceros.

Las tablas siguientes muestran esta estrategia de “pricing”. El objetivo es, mediante cálculo actuarial, determinar la provisión matemática del producto, esto es, la cantidad que el cliente recibiría en caso de haber sobrevivido al vencimiento. En este ejemplo, la cantidad sería de 520.380,48€ que habría que restarle la prima dada por el tomador del seguro al comienzo, es decir, 440.000,00€, por lo que el cliente tendría un beneficio de 80.380,40€.



Tabla 8: Primera parte "Pricing"

t	Edad	Pagos	k	qx	px
1	62	0	-	0.0051379	0.9948621
2	63	0	-	0.0055084	0.9944916
3	64	0	-	0.00609	0.99391
4	65	0	-	0.0068875	0.9931125
5	66	0	-	0.0079057	0.9920943
6	67	0	-	0.0091493	0.9908507
7	68	0	-	0.0106232	0.9893768
8	69	0	-	0.012332	0.987668
9	70	1	520,380.48	0.0142806	0.9857194
10	71	0	-	0.0164736	0.9835264

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

t = años, siendo 10 el máximo de años.

Pagos = siendo 1 el año igual al vencimiento.

k = El capital devuelto al cliente en caso de supervivencia (Pagos * Provisión Matemática).

qx = Probabilidad de fallecimiento durante un año de un individuo de edad "x".

px = Probabilidad de supervivencia durante un año de un individuo de edad "x".



Tabla 9: Segunda parte "Pricing"

					Prima Fallecimiento
					29,908.41
t	npx	V ^t	V*npx	Capital Fallecimiento	Pagos Fallecimiento
	1	1			
1	0.9948621	0.982391952	0.977344521	440,000	2,260.68
2	0.989382002	0.965093948	0.954846582	440,000	2,411.24
3	0.983356665	0.948100528	0.932320974	440,000	2,651.15
4	0.976583796	0.931406329	0.909596328	440,000	2,980.06
5	0.968863218	0.915006082	0.886515737	440,000	3,397.05
6	0.959998797	0.898894611	0.862937746	440,000	3,900.34
7	0.949800538	0.883066832	0.838737352	440,000	4,487.23
8	0.938087598	0.867517749	0.813807642	440,000	5,153.69
9	0.924691144	0.852242455	0.788061051	440,000	5,894.44
10	0.909458152	0.83723613	0.761431224	440,000	-

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

npx = Probabilidad de supervivencia durante "x" años de un individuo de edad "x" (Probabilidad acumulada).

V^t = Descuento al Tipo Técnico Garantizado que sería la garantía comprometida con el cliente por contrato.

V*npx = Descuento actuarial.

Capital de fallecimiento = Importe a pagar al cliente en caso de fallecimiento. En este caso es la Prima aportada.

Pagos fallecimiento = Es el resultado del producto entre qx * npx * Capital Fallecimiento.

Prima Fallecimiento = Coste del seguro de Fallecimiento. Este producto no tiene resultado técnico por lo que se cobra al cliente el valor actuarial sin ningún recargo).



Tabla 10: Tercera parte "Pricing"

t	Prima	Gastos	Cash-Flow Pasivo	Provisión Matemática
			-440,000.00	
1	440,000.00	440.00	2,301.20	447,927.13
2		-	2,498.45	456,044.00
3		-	2,796.27	464,366.36
4		-	3,199.53	472,916.21
5		-	3,712.60	481,722.44
6		-	4,339.05	490,821.65
7		-	5,081.42	500,259.11
8		-	5,940.74	510,089.92
9		-	520,380.48	520,380.48
10		-	-	0.00

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

 $Gastos = Comisiones * Prima.$
 $Cash-Flow Pasivo = (Pagos Fallecimiento / Descuento al Tipo Técnico Garantizado (V^t)) + k.$

Provisión Matemática = Valor actual de los compromisos futuros. En este caso se calcula por el método recurrente.

Tabla 11: Cuarta parte "Pricing"

t	qx_Best Estimate (CON lapses)	Lapses (CON qx)
1	0.005112211	0.009974311
2	0.005480858	0.009972458
3	0.00605955	0.00996955
4	0.006853063	0.009965563
5	0.007866172	0.009960472
6	0.009103554	0.009954254
7	0.010570084	0.009946884
8	0.01227034	0.00993834
9	0.014209197	0.009928597
10	0.016391232	0.009917632

Fuente: Elaboración propia



Dónde:

qx Best Estimate (CON lapses) = qx teniendo en cuenta los lapses/rescates.

Lapses (CON qx) = Lapses teniendo en cuenta la probabilidad de supervivencia (qx).

5.3. Entorno ALM. "Real World"

Una vez hecha la parte del "pricing", me centraré ahora en el entorno de ALM. Esta es la parte más compleja del caso práctico pues entran conceptos nuevos como factor de descuento, constante de ajuste o cambio en reserva entre otros.

El objetivo de este apartado es calcular la P&L (Profit & Loss) en un entorno de "Real World" en el que los riesgos están asumidos pero sin transferirlos a terceros. Hay que tener en cuenta que el cliente podría rescatar y es aquí donde surgirían problemas de opcionalidad. Por no dificultar el ejemplo, no tendré en cuenta este problema aunque sí calcule el posible rescate. En primer lugar hay que tener los datos de la **Curva Spread**³ y la **Curva Risk Free** del bono BBB para calcular el **Factor de Descuento de la Risk Free** y el **Factor de Descuento Total**.

Se recuerda que al igual que en el apartado anterior las siguiente tablas forman parte de una sola (incluidas las de "pricing" y las posteriores del siguiente apartado).

³ Ambas tablas se pueden encontrar en el Anexo del trabajo. En el documento Excel se encuentra en la Hoja "Spread".



Tabla 12: Entorno ALM. Cálculo Factor Descuento Total

Precio Teórico	Constante de Ajuste			
441,925.59	1			
t	SPREAD Curve	Risk Free	Factor de Descuento de la Risk Free	Factor de descuento Total
1	0.78%	-0.202%	100.202%	99.422%
2	0.98%	-0.161%	100.323%	98.374%
3	1.15%	-0.108%	100.323%	96.929%
4	1.29%	-0.023%	100.092%	95.102%
5	1.39%	0.077%	99.617%	92.975%
6	1.47%	0.192%	98.855%	90.573%
7	1.54%	0.316%	97.816%	87.945%
8	1.59%	0.442%	96.535%	85.154%
9	1.63%	0.563%	95.073%	82.269%
10	1.66%	0.673%	93.512%	79.372%

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Factor de Descuento de la Risk Free = Es la Risk Free actualizada en el año "x".

Factor de Descuento Total = La Curva Spread y la Risk Free actualizada en el año "x".

A continuación, se calculará los cupones y pago del nominal del bono al vencimiento. Una vez tengo esta columna, calculo el **Precio Teórico**, el cual es la suma de los productos de dos matrices: columna **Cash-Flow Activo** y columna **Factor de Descuento Total**.

Una vez tenga el Precio Teórico podre calcular la **Constante de Ajuste** que en este caso será 1 debido a que el Precio Teórico es muy similar a la Prima y he decidido que para el ejemplo sea 1. Más adelante, en el apartado de Solvencia II veremos que esto cambia.

Con la Constante de Ajuste calculada, ya sería posible añadir el **Cash-Flow Activo Ajustado**, que será igual que la columna del Cash-Flow Activo por ser la Constante 1.

Necesitamos calcular el valor en vibros del activo así como su evolución en el valor de mercado para, más adelante, poder calcular los ingresos financieros y con este llegar al objetivo de obtener la P&L.



El **Book Value** es el valor en libros del activo y evoluciona como: $BV(t)=BV(t-1)*(1+tir)-(Cash-Flow \text{ Activo Ajustado})$. La **Evolución del Market Value del Activo** es algo más compleja de formular pero es simplemente la suma de los productos de las matrices del Cash-Flow Activo desde el año siguiente hasta vencimiento y el factor de descuento de ese año por la Constante de Ajuste.

Para terminar calculo el Cash-Flow del Activo CON Lapses que necesita de dos variables que veremos a continuación: **Begin Of Period** (BOP) y **End Of Perdioid** (EOP). Como he comentado anteriormente son los flujos de activo en caso de que el cliente decida rescatar.

Tabla 13: Entorno ALM. Cálculo de los Flujos de Activo en caso de Lapses (Rescate)

	TIR	TIR			
	2.19%	2.19%			
t	Cash-Flow Activo	Cash-Flow Activo Ajustado	Book Value del Activo	Evolución Market Value del Activo	Cash-Flow del Activo CON Lapses
	-440,000.00	- 440,000.00	440,000.00	440,000.00	
1	9,646.41	9,646.41	440,000.00	492,407.39	16,929.59
2	9,646.41	9,646.41	440,000.00	481,646.70	16,794.84
3	9,646.41	9,646.41	440,000.00	472,027.81	16,763.36
4	9,646.41	9,646.41	440,000.00	464,542.35	16,847.91
5	9,646.41	9,646.41	440,000.00	459,231.00	17,049.53
6	9,646.41	9,646.41	440,000.00	456,459.98	17,378.27
7	9,646.41	9,646.41	440,000.00	456,179.95	17,840.66
8	9,646.41	9,646.41	440,000.00	442,836.42	18,101.80
9	449,646.41	449,646.41	0.00	-	385,115.18
10	-	-	0.00		-

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cash-Flow del Activo CON Lapses = Cash-Flow Activo * EOP + (BOP – EOP)*Evolución MV del Activo.



En la siguiente tabla tenemos el BOP y EOP que son las probabilidades de permanencia al principio y al final de cada periodo.

El **Cambio en Reserva** es una columna **importante**. Es un ajuste contable pero solo en la parte actuarial: dotación a reserva es una salida y liberación de reserva un ingreso. El beneficio está en que la hipótesis que le hemos propuesto al cliente es más desfavorable para él que para nosotros. En el momento del siniestro, se ajusta con la liberación de reserva (positivo al P&L). La diferencia entre la reserva y lo que se ha pagado es el beneficio.

Por simplificar, hay que pensar q la reserva actuarial es una hucha. Como la reserva es propiedad del asegurador, nuestro objetivo será que la hucha sea lo más pequeña posible para obtener nosotros más beneficio.

Para el cálculo de las **Salidas Best Estimate** se utiliza la Evolucion Market Value del Activo y la probabilidad de fallecimiento del individuo durante ese año teniendo en cuenta los Lapses y que la póliza está en vigor.

Tabla 14: Entorno ALM. Cálculo del Cambio en Reserva y Salidas Best Estimate

t	Begin Of Period (BOP)	End Of Period (EOP)	BOP SIN Lapses	EOP SIN Lapses	Cambio en Reserva	Salidas Best Estimate
1	1.00	0.98	1.00	0.99	441,169.47	6,864.08
2	0.98	0.97	0.99	0.99	947.02	6,396.32
3	0.97	0.95	0.99	0.98	624.82	6,462.64
4	0.95	0.94	0.98	0.98	197.89	6,626.69
5	0.94	0.92	0.98	0.97	- 339.47	6,883.30
6	0.92	0.90	0.97	0.96	- 993.76	7,228.75
7	0.90	0.88	0.96	0.95	- 1,772.65	7,654.68
8	0.88	0.86	0.95	0.94	- 2,685.06	8,035.86
9	0.86	0.83	0.94	0.92	- 433,406.45	442,016.54
10	-	-	0.92	0.91	-	-

Fuente: Elaboración propia



Dónde:

$BOP = EOP (n-1)$.

$EOP = BOP - \text{Lapses (CON } qx) - qx \text{ BE (CON Lapses)}$.

$BOP \text{ SIN Lapses} = EOP (n-1)$.

$EOP \text{ SIN Lapses} = BOP (n) - qx (n)$.

$\text{Cambio en Reserva (n)} = \text{Provisión Matemática (n)} * EOP (n) - \text{Provisión Matemática (n-1)} * BOP (n)$.

$\text{Cambio en Reserva (n = vencimiento)} = - \text{Provisión Matemática} * EOP (\text{vencimiento})$.

$\text{Salidas Best Estimate} = BOP (n) * qx \text{ BE (CON Lapses)} (n) * \text{Capital Fallecimiento (n)} * \text{Lapses (CON } qx) (n) * \text{Evolución Market Value Activo} * \text{Penalización Lapses (85\%)} + k (n) * EOP (n) + BOP (n) * \text{Prima} * \text{Comisiones (1\%)}$.

Para finalizar este apartado del entorno de ALM, llegamos al objetivo: calcular la **P&L** en entorno "Real World".

En el cuadro que veremos a continuación, el **Best Estimate Liabilities (BEL)** es **muy importante**. El BE corresponderá al promedio ponderado por la probabilidad de los flujos de efectivo futuros, teniendo en cuenta el valor temporal del dinero (valor actual esperado de los flujos de caja futuros), utilizando la estructura a plazo de tasa de interés sin riesgo pertinente. El cálculo del BE se basará en información actualizada y creíble y en supuestos realistas y se llevará a cabo utilizando métodos actuariales y estadísticos adecuados, aplicables y pertinentes.

El BEL está en la Hoja de Balance de Solvencia II junto al Riesgo Marginal y los Recursos Financieros Disponibles (AFR). Estas tres partidas tienen que ser igual a la Inversión de Activos totales (valorados a Valor Razonable).

La proyección de flujo de efectivo utilizada en el cálculo del BE tendrá en cuenta todos los flujos de entrada y salida de efectivo necesarios para liquidar las obligaciones de seguro y reaseguro durante su vida útil.

La **P&L (Profit & Loss)** es la proyección de la cuenta de resultados sin transferencia de riesgo a un tercero. Para su cálculo utilizamos la curva BBB como descuento.



Tabla 15: Entorno ALM. Cálculo P&L

			TIR	TIR	Futuro P&L
			0.5%	2,209.35	19,884.18
t	Best Estimate Liabilities (BEL)	Salidas Best Estimate SIN Lapses	Ingresos Best Estimate	Ingresos Financieros en entorno Real World (RW)	P&L
1	475,898.29	2,260.68	440,000.00	10,464.98	2,431.43
2		2,411.24	-	10,199.62	2,856.28
3		2,651.07	-	9,926.52	2,839.06
4		2,979.78	-	9,642.30	2,817.72
5		3,396.33	-	9,339.90	2,796.07
6		3,898.76	-	9,017.94	2,782.95
7		4,484.07	-	8,674.41	2,792.39
8		5,147.71	-	8,121.87	2,771.07
9		485,718.86	-	7,746.69	- 863.40
10		-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

BEL = la suma de los productos de las matrices de las columnas Salidas Best Estimate y el Factor de Descuento de la Risk Free.

Salidas BE SIN Lapses = BOP SIN Lapses (n) * qx (n) * Capital Fallecimiento (n) + k (n) * EOP SIN Lapses (n).

Ingresos Best Estimate = Prima.

Ingresos Financieros en entorno "Real World" = Ingresos financieros asumiendo el riesgo (sin transferencia de riesgo a un tercero).

P&L = Ingresos BE + Ingresos Financieros RW – Salidas BE – Cambio en Reserva.

Futuro P&L = suma de los productos de las matrices de las columnas P&L y Factor Descuento Total.



5.4. Solvencia II. Entorno “Risk Neutral”

Para terminar los cálculos y los métodos usados para la realización del caso práctico, voy a calcular el P&L en entorno Risk Neutral que es el que me interesa a la hora de valorar la rentabilidad del producto asumiendo riesgos y transfiriéndolos a terceros. La P&L en este entorno se llama **PVFP (Present Value of Future Profits)**.

En esta parte nos metemos en el marco de Solvencia II y aquí sí va a cambiar el Precio Teórico la Constante de Ajuste que afectarán a los resultados, así como las nuevas “TIR” del **Riesgo Total del Cash-Flow** y de su Ajuste.

Tabla 16: Entorno ALM. Cálculo Cash-Flow Solvencia II

t	Probabilidad de Solvencia	Probabilidad de Default	Cash-Flow de Solvencia del Activo	Cash-Flow de Default
	1.00			
1	0.99	0.01	9,571.11	1,373.73
2	0.98	0.01	9,458.40	2,056.45
3	0.97	0.01	9,318.51	2,552.31
4	0.95	0.02	9,162.55	2,845.44
5	0.93	0.02	8,998.48	2,993.60
6	0.92	0.02	8,831.08	3,054.25
7	0.90	0.02	8,663.05	3,065.60
8	0.88	0.02	8,495.93	3,049.11
9	0.86	0.02	388,313.91	3,016.19
10	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Probabilidad de Solvencia = En un entorno Risk Neutral lo inferimos de los Spreads. Y se calcula como: La Exponencial de $(- \text{Curva Spread} * (n))$.

Probabilidad de Default = Probabilidad Solvencia $(n-1) - \text{Probabilidad Solvencia} (n)$.

Cash-Flow de Solvencia del Activo = Cash-Flow de probabilidad de supervivencia. Se calcula: Probabilidad Solvencia $(n) * \text{Cash-Flow Activo (Cupón)} (n)$.

Cash-Flow de Default = Cash-Flow de probabilidad de Default. Aplicamos por default un recovery (retorno) del 40%. Se calcula: Market Value $* 40% * \text{Probabilidad Default}$.



Como comenté al principio del epígrafe, el Precio Teórico cambia significativamente con respecto al apartado anterior. El **Precio Teórico** es la suma de los productos de las matrices de Riesgo Total de los Cash-Flow y el Factor de Descuento de la Risk Free.

Este resultado es dividido entre el Market Value y obtenemos la **Constante de Ajuste**.

Una vez obtengo la Constante puedo calcular el **Cash-Flow Ajustado a Riesgo**. Antes había calculado el **Riesgo Total de los Cash-Flow** sumando el Cash-Flow de Solvencia y de Default.

La TIR de 0,92% corresponde a la del Riesgo Total de los Cash-Flow y la de 0,30% a la de **Cash-Flow Ajustado al Riesgo** que es la que me interesa porque me da los Cash-Flow de "Risk Neutral" ya calibrados y me sirven para calcular los Ingresos Financieros, y me interesa que sea positiva y lo más alta posible (a mayor vencimiento mayor TIR).

El **Book Value** Ajustado Riesgo evoluciona de manera distinta porque tanto la TIR como los Cash-Flow son ahora ajustados al riesgo.

Tabla 17: Entorno ALM. Activos Ajustados al Riesgo Solvencia II

Precio Teórico	Constante de Ajuste	TIR	TIR
464,810.16	0.9466230	1.20%	0.52%

t	Riesgo Total de los Cash-Flow Activo	Cash-Flow Ajustado a Riesgo	Book Value Ajustado a Riesgo
	- 440,000.00	- 440,000.00	440,000.00
1	10,944.84	10,360.64	431,927.21
2	11,514.85	10,900.23	423,272.86
3	11,870.82	11,237.19	414,236.54
4	12,008.00	11,367.05	405,023.38
5	11,992.08	11,351.98	395,777.38
6	11,885.33	11,250.93	386,584.36
7	11,728.65	11,102.61	377,491.86
8	11,545.04	10,928.80	368,525.88
9	391,330.10	370,442.09	0.00
10	-	-	0.00

Fuente: Elaboración propia



Dónde:

Riesgo Total Cash-Flow = Cash-Flow Solvencia + Cash-Flow Default.

Cash-Flow Ajustado Riesgo = Riesgo Total Cash-Flow * Constante de Ajuste.

Book Value Ajustado Riesgo = Book Value Ajustado Riesgo (n-1) * (1 + TIR (30%)) – Cash-Flow Ajustado Riesgo (n).

Por último, calculo el **PVFP**. El resultado obtenido indica que transfiriendo el riesgo a terceros, este será el valor presente de los beneficios futuros, es decir, que en este entorno de RN, en el que el riesgo es transferido, el producto nunca va a ser **óptimo** ni **rentable**, pues necesitaría un **Ratio de Solvencia** mínimo del 100% y para ello mi PVFP tiene que ser igual al Consumo de Capital que ahora explicaré y que queda muy lejos ambos resultados.

Tabla 18: Entorno ALM. Cálculo P&L (PVFP) entorno RN

PVFP					
- 40,209.14					
t	Cambio en Reserva	Salidas Best Estimate	Ingresos Best Estimate	Ingresos Financieros en entorno Risk Neutral (RN)	P&L
1	441,169.47	6,864.08	440,000.00	3,217.44	-4,816.12
2	947.02	6,396.32	-	3,025.10	-4,318.24
3	624.82	6,462.64	-	2,827.72	-4,259.74
4	197.89	6,626.69	-	2,624.72	-4,199.86
5	-339.47	6,883.30	-	2,411.87	-4,131.96
6	-993.76	7,228.75	-	2,190.35	-4,044.64
7	-1,772.65	7,654.68	-	1,960.49	-3,921.53
8	-2,685.06	8,035.86	-	1,537.02	-3,813.77
9	-433,406.45	442,016.54	-	1,308.48	-7,301.60
10	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cambio en Reserva, Salidas BE e Ingresos BE son los mismos que en entorno RW.

Ingresos Financieros en RN = Cambian por la Constante de ajuste.

P&L = Igual que en entorno RW.

PVFP = Difiere del cálculo de Futuro P&L de RW en que una matriz que suma es el Factor Descuento de la Risk Free (en RW era Factor de Descuento Total).



5.5. Análisis de los datos

Una vez he hecho todos los cálculos, los agrego en una tabla y tener una referencia de lo que explicaré a continuación.

Esta tabla muestra los datos calculados de una sola simulación, con los parámetros iniciales que expuse al principio.

Tabla 19: Datos del ejemplo de una simulación

	Pasivos Cash-Flow BE SIN Lapses	Activos Cash-Flow SIN Defaults	Pasivos BE	Riesgo Total Cash-Flow Activo	P&L RW	P&L RN
	-440,000.00	-440,000.00	-440,000.00	-475,898.29	- 440,000.00	19,884.18
1	2,260.68	9,646.41	9,646.41	6,864.08	10,944.84	2,431.43
2	2,411.24	9,646.41	9,646.41	6,396.32	11,514.85	2,856.28
3	2,651.07	9,646.41	9,646.41	6,462.64	11,870.82	2,839.06
4	2,979.78	9,646.41	9,646.41	6,626.69	12,008.00	2,817.72
5	3,396.33	9,646.41	9,646.41	6,883.30	11,992.08	2,796.07
6	3,898.76	9,646.41	9,646.41	7,228.75	11,885.33	2,782.95
7	4,484.07	9,646.41	9,646.41	7,654.68	11,728.65	2,792.39
8	5,147.71	9,646.41	9,646.41	8,035.86	11,545.04	2,771.07
9	485,718.86	449,646.41	449,646.41	442,016.54	391,330.10	-863.40
10	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

El botón “Colectivo” que está en el documento de Excel y que es programa en código Visual Basic, hará 50 simulaciones de todo lo visto anteriormente. Estas simulaciones efectuadas pueden verse una a una en la hoja “Colectivo”.

El programa colocará los datos de cada simulación, como en la tabla anterior, e ira sumando cada simulación a otra tabla que me permitirá hacer los gráficos para valorar el producto.

En este ejemplo, la tabla que recoge todos los datos es:



Tabla 20: Datos totales de las 50 simulaciones

	Pasivos Cash-Flow BE SIN Lapses	Activos Cash-Flow SIN Default	Pasivos BE	Riesgo Total Cash-Flow Activo	P&L RW	P&L RN
TIR	1,45%	1,84%	0,33%	0,92%		
	-14.000.000	-14.000.000	-14.789.966,56	-14.000.000	501.294,48	-752.858,68
1	27,753.11	234,959.74	169,146.16	276,835.28	77,542.41	-123,894.80
2	862,742.60	1,064,959.74	969,464.45	1,109,636.68	85,691.42	-113,833.28
3	1,972,569.25	2,138,128.24	2,027,179.41	2,141,845.55	78,787.86	-110,984.28
4	1,489,156.23	1,628,165.29	1,524,682.98	1,619,316.03	68,996.21	-97,952.02
5	1,210,540.75	1,330,224.03	1,230,883.38	1,307,823.55	59,328.41	-88,818.10
6	2,667,243.53	2,663,496.12	2,576,119.16	2,498,764.30	51,779.73	-80,258.26
7	916,150.20	952,064.88	901,461.65	898,278.39	40,069.61	-56,631.72
8	1,964,223.45	1,856,878.57	1,846,830.30	1,672,771.06	36,493.41	-47,450.81
9	2,947,964.39	2,661,570.13	2,702,362.83	2,323,548.33	24,015.58	-33,088.12
10	1,278,060.79	1,095,007.12	1,156,465.90	934,379.46	12,329.32	-4,972.70

Fuente: Elaboración propia

Y para poder analizarlos necesito hacer el método de **Cash-Flow Matching**, método que ajusta el activo y el pasivo. En este caso, es la resta entre Riesgo Total Cash-Flow Activo – Pasivos Cash-Flow BE SIN Lapses. Para ello me apoyo en lo descrito en el punto 4.4 del *Riesgo de Mercado*.

Por otra parte, analizaré en otro gráfico la **Suficiencia** de Cash-Flows en el que realizaré un pequeño análisis de los flujos desde el punto de vista de ALM.

Tabla 21: Suficiencia CF y CF Matching del total de datos recogidos

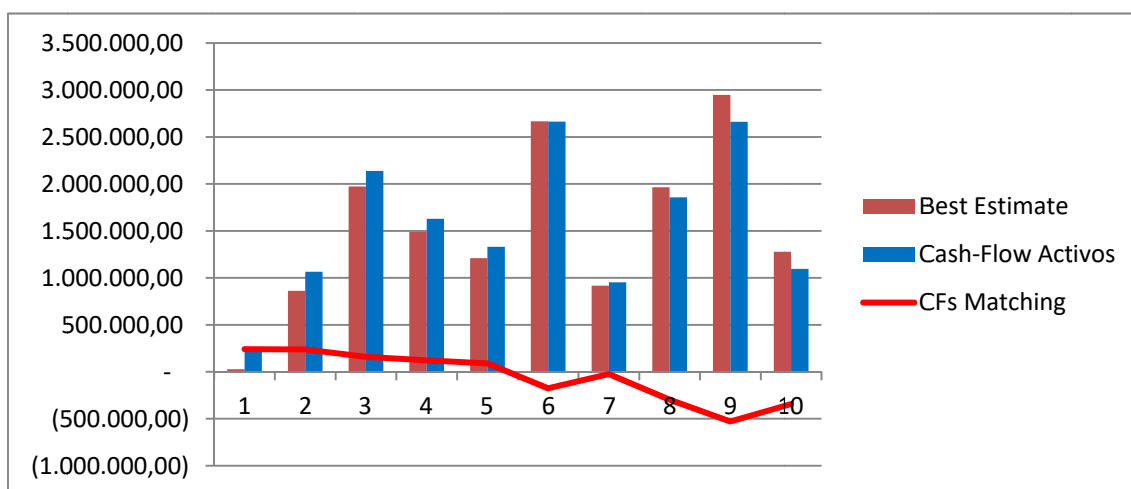
	Suficiencia Cash-Flow	Cash-Flow Matching
	13,890,000.00	- 72,653.18
1	103,608.37	240,398.01
2	238,662.07	237,790.47
3	347,920.02	160,056.55
4	437,171.77	121,131.59
5	509,003.17	88,687.06
6	426,991.74	- 176,465.80
7	419,734.51	- 25,116.39
8	242,166.09	- 297,849.72
9	- 85,961.97	- 530,027.30
10	- 308,048.42	- 343,681.33

Fuente: Elaboración propia



Como puede observarse, el activo solo se ajusta al pasivo hasta el año 5, a partir del año 6 hasta el 10 el pasivo es mayor que el activo por lo que a simple vista podría decirse que cumple solo la mitad de años. Sin embargo, la suma de los años en el que los flujos son positivos (874.144,72€) es menor que la suma de los años en los que los flujos son negativos (1.413.370,72€) por lo que en términos generales esta simulación **no** cumple con los requisitos de la técnica de Cash-Flow Matching, no pudiendo entonces hacer frente al pasivo con el activo.

Gráfico 11: Estudio método Cash-Flow Matching



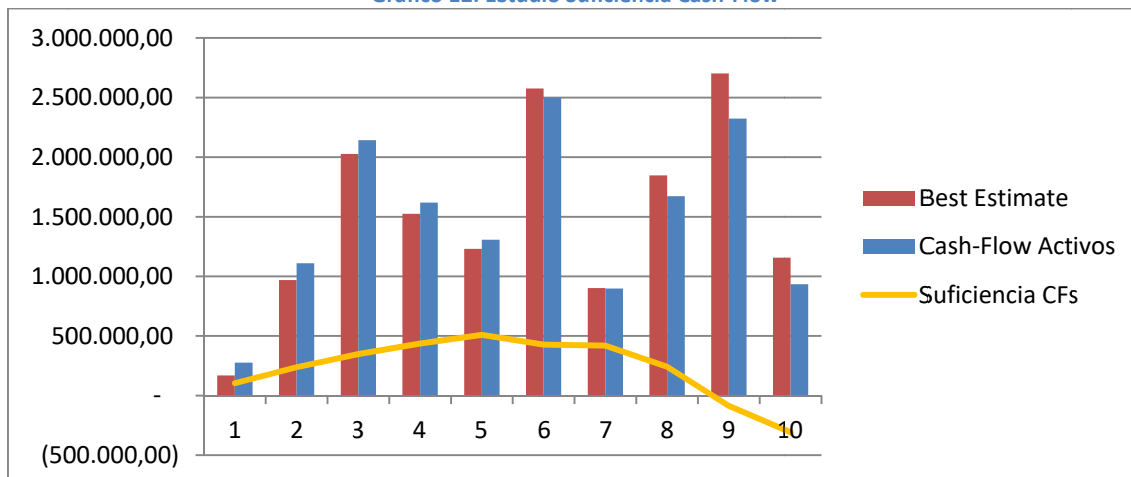
Fuente: Elaboración propia

Para terminar el análisis, elaboro el siguiente gráfico con el fin de estudiar la suficiencia de los flujos desde el punto de vista de ALM. La diferencia entre el cálculo del CFs Matching y la Suficincia CFs es que el pasivo que resta al Riesgo Total CF Activo son los Pasivo BE.

Como puede verse, la **suficiencia** no cumple el Cash-Flow Matching aunque no es el peor resultado.

Desde un punto de vista de ALM se puede solucionar la insuficiencia gestionando la reinversión.

Gráfico 12: Estudio Suficiencia Cash-Flow



Fuente: Elaboración propia

Por último y para finalizar he calculado el SCR IR4 que me permitirá saber el consumo de capital necesario para riesgo de tipos de interés y el SCR5 para saber el consumo de capital necesario para riesgo de tipos de interés y Spread.

El SCR IR = - Min (IR UP – Base Case; IR Down – Base Case). En este caso el Shock IR Down es mejor escenario.

La calibración = Prima / suma de los productos de las matrices del Factor de Descuento y el CFs Activo.

NAV = Activo + Pasivo.

Base Case = suma de los productos de las matrices del Factor de Descuento y el CFs Activo *

Calibración⁶

IR UP = suma de los productos de las matrices del Activo/Pasivo DF UP y el CFs Activo/Pasivo.

IR DOWN = suma de los productos de las matrices del Activo/Pasivo DF DOWN y el CFs Activo/Pasivo.

⁴ La tabla que alimenta el cuadro está en el Anexo.

⁵ La tabla que alimenta el cuadro está en el Anexo.

⁶ Tanto en IR UP como IR DOWN solo la parte del Activo se multiplica por la calibración.



Tabla 22: Cálculo SCR IR y SCR

Class	Base Case	IR UP	IR DOWN
Activo	13,560,000.00	12,837,218.62	13,642,691.24
Pasivo	14,314,068.27	- 13,489,587.32	- 14,417,460.44
Suma (NAV)	27,874,068.27	- 652,368.70	- 774,769.20
Calibración	1,05		
SCR IR	28,648,837.47		
SCR	1,902,385.35		

Fuente: Elaboración propia

El SCR se calcula = suma de los productos de las matrices de Carga Total y Market Value.

Carga Total⁷ = Tramo 0-5 + Tramo 5-10.

Tramo 0-5 = (Mínimo entre la duración y la parte máxima del tramo (5)) * el porcentaje que corresponda al bono BBB.

Tramo 5-10 = (Máximo entre 0 y la duración -5) * el porcentaje que corresponda al bono BBB.

⁷ Ver Tabla Anexo. También para los tramos. el % del Bono BBB y la Duración.



CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES



6. Conclusiones

- En general, la normativa de Solvencia II endurece, respecto a Solvencia I, los tres pilares en los que se basa. Se exigen mayores y mejores modelos para calcular los requerimientos cuantitativos de capital en **Pilar I**. En **Pilar II**, exige métodos estrictos de supervisión y control interno de los riesgos de cada entidad. En **Pilar III**, es imprescindible la mejora de los canales de información de cara al mercado y el perfil de riesgos que asume la empresa.
- En entidades aseguradoras, la metodología del riesgo de mercado se divide en dos ramas fundamentales: **Vida**, que basa sus métodos de cálculo en el casamiento de activos y pasivos (*ALM*); y **No-Vida**, cuya principal forma de cuantificar la exposición al riesgo es, en caso de modelos internos, el VaR.
- En riesgo de mercado, el capital requerido puede calcularse a través de **Modelos Internos** (previa aprobación del supervisor) o mediante la **Fórmula Estándar** bajo normativa de Solvencia II.
- La metodología del riesgo de tipos de interés se basa fundamentalmente en: los distintos **Tipos de Interés**: Spot, Forward y TIR; **Modelos Estocásticos** a través de Modelos Internos y la Valoración de Opciones y Garantías, y la **Estructura Temporal de Tipos de Interés** cuya rentabilidad en el mercado depende de tres factores: vencimiento, divisa y calidad crediticia.
- La forma de medir el riesgo de tipos de interés viene determinada por el concepto de **duración** y por la **convexidad**.
- **Inmunización por Duraciones** y **Cash-Flow Matching** son los métodos más utilizados a la hora de mitigar el riesgo de tipos de interés, aunque también se está empezando a usar cada vez más la **Gestión de Carteras**.
- Los dos niveles de exigencia de capital **SCR** y **MCR** son los requisitos más importantes de la normativa de Solvencia II.
- Los resultados obtenidos en la realización del caso práctico llegan a la conclusión de que el producto de vida de ahorro/inversión no es un producto óptimo, pues no se cumplen las normativas de Suficiencia y CFs Matching, así como los requerimientos de SCR IR y SCR.



- Los cálculos obtenidos en el entorno “Real World” son más rentables porque no transfiere riesgos a terceros por lo que asume muchos más riesgos que podrían provocar que un producto mal valorado pusiese a la entidad en un problema con respecto a la cuenta de resultados y la normativa de Solvencia II.
- El entorno “Risk Neutral” valora mejor el producto y en este caso los resultados dan pérdidas debido a que es más averso al riesgo transfiriendo los riesgos a terceros.



CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA



7. Bibliografía

- AFI, *“Escenarios estocásticos para Solvencia II”*.
- AGUILAR CUESTA, FRANCISCO. (2011), *“El riesgo de tipo de interés: Experiencia española y Solvencia II”*. Fundación MAPFRE.
- ALONSO GARCÍA, RICARDO, *“Legislación de Seguros”*. Lex Nova, 21ª Edición.
- AON RISK SOLUTIONS, *“Global risk management survey 2016”*. Chicago: Aon Risk Solutions, 2017.
- CLUB DE GESTIÓN DE RIESGOS DE ESPAÑA *“Gestión de activos y pasivos.”*.
- CRUZ, MARCELO, *“The Solvency II handbook: developing ERM frameworks in insurance and reinsurance companies”*. London: Haymarket House, cop. 2009.
- FERIA DOMINGUEZ, JOSÉ MANUEL, *“El Riesgo del mercado: su mediación y control”*. Delta Publicaciones, D.L. 2005.
- FERRUZ AGUDO, LUIS. *“Dirección financiera del riesgo de interés”*. Pirámide, D.L. 2000.
- LOVELLS, HOGAN, *“Análisis Real Decreto 1060/2015, 20 noviembre, de ordenación, supervisión y solvencia de las entidades aseguradoras y reaseguradoras”*.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD, *“Real Decreto 1060/2015, de 20 de noviembre, de ordenación, supervisión y solvencia de las entidades aseguradoras y reaseguradoras”*. Boletín Oficial del Estado, 2015.
- PÉREZ PÉREZ, JESÚS. (2016), *“Gestión de riesgos en entidades aseguradoras. Solvencia II y su impacto regulatorio”*. Delta Publicaciones, 1ª Edición.
- REAL CAMPOS, SERGIO, *“La Gerencia de Riesgos Financieros en el ámbito asegurador: la nota técnica y el actuario”*. Estado Público.
- REYNÉS, AMADEO; FERNÁNDEZ, JOSÉ LUIS; ESCUELA DE FINANZAS APLICADAS, *“Solvencia II : riesgos financieros en entidades aseguradoras”*. Escuela de Finanzas Aplicadas. Grupo Analistas, 2003.



- SINDACO, MARCO, *“Insurance industry risk analysis: Spain (Kingdom of)”*. Standar & Poor's, 2006.
- UNIÓN EUROPEA, *“Reglamento Delegado. Acceso a la actividad de seguro y reaseguro y su ejercicio (Solvencia II)”*. Diario oficial de la Unión Europea, 2014.
- VERCHER MOLL, JAVIER. (2016), *“Las condiciones del acceso al mercado de las entidades aseguradoras”*. Marcial Pons.



CAPÍTULO VIII. ANEXO





8. Anexo

- Datos de las 50 simulaciones hechas por Visual Basic.

	Edad	Sexo	Prima	Interés/Mínimo Garantizado	Vencimiento	Gastos sobre Prima	Margen financiero	Lapses/Rescates	Penalización por Lapses/Rescate	Best Estimate	Duración Activo	Market Value Activo
1	47	H	160,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	159,840.16
2	44	M	360,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	359,640.36
3	29	H	280,000	0.86%	4	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	3.9770369	279,720.28
4	63	H	360,000	1.07%	5	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	4.9639678	359,640.36
5	62	M	380,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	379,620.38
6	52	M	130,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	129,870.13
7	29	M	450,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	449,550.45
8	50	M	530,000	1.07%	5	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	4.9639678	529,470.53
9	43	H	200,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	199,800.20
10	47	H	430,000	1.94%	10	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	9.9859965	429,570.43
11	46	M	200,000	1.63%	8	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	7.9539849	199,800.20
12	30	H	190,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	189,810.19
13	45	H	90,000	1.94%	10	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	9.9859965	89,910.09
14	60	H	170,000	0.42%	2	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	1.9977974	169,830.17
15	45	H	170,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	169,830.17
16	55	M	80,000	0.86%	4	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	3.9770369	79,920.08
17	61	M	200,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	199,800.20
18	37	H	480,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	479,520.48
19	41	M	550,000	1.94%	10	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	9.9859965	549,450.55
20	48	M	120,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	119,880.12
21	29	H	480,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	479,520.48
22	34	M	590,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	589,410.59
23	58	M	90,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	89,910.09
24	39	M	370,000	1.45%	7	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	6.9498586	369,630.37
25	30	M	550,000	1.63%	8	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	7.9539849	549,450.55
26	37	H	310,000	1.45%	7	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	6.9498586	309,690.31
27	57	M	460,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	459,540.46
28	53	H	580,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	579,420.58
29	47	M	580,000	0.42%	2	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	1.9977974	579,420.58
30	60	M	140,000	1.45%	7	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	6.9498586	139,860.14
31	32	M	230,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	229,770.23
32	57	H	20,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	19,980.02
33	37	H	180,000	0.86%	4	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	3.9770369	179,820.18
34	58	H	40,000	0.42%	2	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	1.9977974	39,960.04
35	27	M	280,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	279,720.28
36	50	M	30,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	29,970.03
37	54	M	130,000	1.07%	5	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	4.9639678	129,870.13
38	27	M	60,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	59,940.06
39	39	M	520,000	0.86%	4	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	3.9770369	519,480.52
40	58	H	10,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	9,990.01
41	29	H	190,000	1.63%	8	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	7.9539849	189,810.19
42	60	H	330,000	1.63%	8	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	7.9539849	329,670.33
43	51	M	470,000	1.63%	8	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	7.9539849	469,530.47
44	53	H	520,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	519,480.52
45	40	M	120,000	1.07%	5	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	4.9639678	119,880.12
46	58	M	40,000	0.42%	2	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	1.9977974	39,960.04
47	26	H	330,000	0.65%	3	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	2.9890535	329,670.33
48	58	M	360,000	0.86%	4	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	3.9770369	359,640.36
49	32	M	20,000	1.26%	6	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	5.9538577	19,980.02
50	62	M	440,000	1.79%	9	0%	0.4%	1%	85%	100.00%	8.9666436	329,670.33

- La Hoja del Excel "Shocks IR SF" se refiere a los Shocks de tipos de interés de la Fórmula Estándar y la tabla tiene los mismos valores que la tabla nº 5.
- Tabla qx que está en la Hoja "qx". Muestro solo los 50 primeros valores.

Ages	GKF95
0	0,0003
1	0,0003
2	0,0003
3	0,0003
4	0,0003
5	0,0003
6	0,0003
7	0,0003
8	0,0003
9	0,0003
10	0,0003
11	0,0003
12	0,0003
13	0,0003
14	0,0003
15	0,0003
16	0,00033
17	0,00034
18	0,00034
19	0,00033
20	0,00033
21	0,00034
22	0,00036
23	0,00039
24	0,00042
25	0,00045
26	0,00048
27	0,00051
28	0,00054
29	0,00058
30	0,00061
31	0,00065
32	0,00069
33	0,00073
34	0,00077
35	0,00082
36	0,00087
37	0,00092
38	0,00098
39	0,00103
40	0,00109
41	0,00114
42	0,00119
43	0,00124
44	0,00129
45	0,00135
46	0,00142
47	0,0015
48	0,0016
49	0,00172
50	0,00187



- Tabla Bono BBB y Bono Español.

	EUR	Spanish Bond	BBB SPREAD	Spanish Spread
Mat / VA	Mkt	MK	MK	MK
1	-0,202%	-0,367%	0,784%	-0,165%
2	-0,161%	-0,244%	0,984%	-0,083%
3	-0,108%	-0,104%	1,153%	0,004%
4	-0,023%	0,092%	1,287%	0,115%
5	0,077%	0,363%	1,391%	0,286%
6	0,192%	0,685%	1,472%	0,493%
7	0,316%	0,980%	1,536%	0,664%
8	0,442%	1,189%	1,587%	0,747%
9	0,563%	1,403%	1,629%	0,841%
10	0,673%	1,594%	1,664%	0,920%
11	0,773%	1,756%	1,693%	0,984%
12	0,863%	1,900%	1,717%	1,037%
13	0,944%	2,028%	1,737%	1,085%
14	1,011%	2,146%	1,755%	1,135%
15	1,062%	2,255%	1,769%	1,194%
16	1,097%	2,358%	1,782%	1,262%
17	1,124%	2,454%	1,792%	1,330%
18	1,151%	2,543%	1,801%	1,392%
19	1,182%	2,624%	1,809%	1,442%
20	1,221%	2,696%	1,816%	1,475%



- Tabla de la *Curve Spread (1)* y la *Risk Free (2)*.

(1)

	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D	BBB SPREA D
Mat / VA	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1	0.000%	0.202%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
2	0.000%	0.101%	0.161%	0.162%	0.046%	-0.192%	-0.574%	-1.098%	-1.748%	-2.495%	-3.299%
3	0.000%	0.067%	0.107%	0.108%	0.031%	-0.128%	-0.383%	-0.734%	-1.169%	-1.670%	-2.211%
4	0.000%	0.051%	0.081%	0.081%	0.023%	-0.096%	-0.287%	-0.551%	-0.878%	-1.255%	-1.663%
5	0.000%	0.040%	0.064%	0.065%	0.018%	-0.077%	-0.230%	-0.441%	-0.703%	-1.005%	-1.333%
6	0.000%	0.034%	0.054%	0.054%	0.015%	-0.064%	-0.192%	-0.367%	-0.586%	-0.839%	-1.112%
7	0.000%	0.029%	0.046%	0.046%	0.013%	-0.055%	-0.164%	-0.315%	-0.502%	-0.719%	-0.954%
8	0.000%	0.025%	0.040%	0.040%	0.012%	-0.048%	-0.144%	-0.276%	-0.440%	-0.630%	-0.835%
9	0.000%	0.022%	0.036%	0.036%	0.010%	-0.043%	-0.128%	-0.245%	-0.391%	-0.560%	-0.743%
10	0.000%	0.020%	0.032%	0.032%	0.009%	-0.038%	-0.115%	-0.221%	-0.352%	-0.504%	-0.669%
11	0.000%	0.018%	0.029%	0.029%	0.008%	-0.035%	-0.105%	-0.201%	-0.320%	-0.458%	
12	0.000%	0.017%	0.027%	0.027%	0.008%	-0.032%	-0.096%	-0.184%	-0.293%		
13	0.000%	0.016%	0.025%	0.025%	0.007%	-0.030%	-0.089%	-0.170%			
14	0.000%	0.014%	0.023%	0.023%	0.007%	-0.027%	-0.082%				
15	0.000%	0.013%	0.021%	0.022%	0.006%	-0.026%					
16	0.000%	0.013%	0.020%	0.020%	0.006%						
17	0.000%	0.012%	0.019%	0.019%							
18	0.000%	0.011%	0.018%								
19	0.000%	0.011%									
20	0.000%										



(2)

	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR
Mat / VA	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1	-0.202%	-0.120%	-0.001%	0.231%	0.477%	0.771%	1.063%	1.326%	1.538%	1.670%	1.776%
2	-0.161%	-0.060%	0.115%	0.354%	0.624%	0.917%	1.194%	1.432%	1.604%	1.723%	1.818%
3	-0.108%	0.037%	0.236%	0.493%	0.770%	1.053%	1.309%	1.511%	1.661%	1.769%	1.850%
4	-0.023%	0.147%	0.369%	0.635%	0.909%	1.174%	1.399%	1.577%	1.711%	1.805%	1.860%
5	0.077%	0.271%	0.507%	0.773%	1.034%	1.273%	1.474%	1.634%	1.752%	1.822%	1.843%
6	0.192%	0.403%	0.643%	0.900%	1.140%	1.357%	1.539%	1.681%	1.774%	1.814%	1.807%
7	0.316%	0.534%	0.771%	1.010%	1.230%	1.429%	1.592%	1.710%	1.775%	1.787%	1.772%
8	0.442%	0.659%	0.883%	1.105%	1.309%	1.489%	1.629%	1.719%	1.756%	1.759%	1.751%
9	0.563%	0.771%	0.982%	1.189%	1.376%	1.533%	1.646%	1.708%	1.734%	1.742%	1.750%
10	0.673%	0.871%	1.069%	1.261%	1.427%	1.558%	1.644%	1.693%	1.721%	1.742%	1.772%
11	0.773%	0.960%	1.146%	1.318%	1.459%	1.564%	1.636%	1.685%	1.723%	1.762%	
12	0.863%	1.040%	1.207%	1.356%	1.473%	1.564%	1.633%	1.690%	1.744%		
13	0.944%	1.105%	1.251%	1.377%	1.480%	1.567%	1.642%	1.712%			
14	1.011%	1.153%	1.278%	1.390%	1.488%	1.579%	1.665%				
15	1.062%	1.184%	1.297%	1.404%	1.505%	1.605%					
16	1.097%	1.207%	1.316%	1.425%	1.534%						
17	1.124%	1.231%	1.341%	1.457%							
18	1.151%	1.259%	1.376%								
19	1.182%	1.296%									
20	1.221%										





- Tabla de la Hoja "SCR IR" que incluye las Curvas, los shocks los Factores de Descuento (DF), Activos y Pasivos necesarios para el cálculo del SCR IR.

CURVA SPREAD	CURVA IR UP	CURVA IR DOWN	Pasivo DF UP	Pasivo DF DOWN	DF	Activo DF UP	Activo DF DOWN	Pasivo CFs	Activo CFs
0.007835882	0.8%	-0.00202	0.992083176	1.002024089	0.994217747	98.44%	99.42%	162,282.07	265,890.44
0.009841046	0.8%	-0.00161033	0.983429482	1.003228457	0.983739595	96.45%	98.37%	963,068.12	1,098,121.83
0.011527529	0.9%	-0.001075723	0.97369801	1.003234123	0.969288781	94.11%	96.93%	2,020,716.78	2,129,974.73
0.012865097	1.0%	-0.000230408	0.961857747	1.000922164	0.951018134	91.44%	95.10%	1,518,056.29	1,607,308.04
0.013905991	1.1%	0.000414514	0.947858261	0.997930006	0.929754257	88.53%	93.14%	1,224,000.07	1,295,831.48
0.014718072	1.2%	0.001114169	0.931366034	0.993340976	0.905731073	85.41%	91.01%	2,568,890.40	2,486,878.97
0.015359722	1.3%	0.001927702	0.912542818	0.986609536	0.879454552	82.13%	88.69%	893,806.97	886,549.74
0.015874695	1.4%	0.002827207	0.891797188	0.977667402	0.851536848	78.76%	86.22%	1,838,794.44	1,661,226.02
0.01629416	1.6%	0.003771757	0.869725661	0.96668561	0.822685717	75.37%	83.63%	2,260,346.29	1,932,218.23
0.016640101	1.7%	0.004644414	0.847108805	0.954720527	0.793721899	72.02%	81.01%	1,156,465.90	934,379.46
0%									
1%									

- Tablas para calcular el SCR tanto de Tipos como de Spread. La primera Tabla es del Artículo 174 del Reglamento Delegado.

Grado de calidad crediticia		0		1		2		3		4		5 y 6	
Duración (dur)	stress _i	a _i	b _i	a _i	b _i	a _i	b _i	a _i	b _i	a _i	b _i	a _i	b _i
Hasta 5	$b_i \cdot dur_i$	—	0,9 %	—	1,1 %	—	1,4 %	—	2,5 %	—	4,5 %	—	7,5 %
Más de 5 y hasta 10	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 5)$	4,5 %	0,5 %	5,5 %	0,6 %	7,0 %	0,7 %	12,5 %	1,5 %	22,5 %	2,5 %	37,5 %	4,2 %
Más de 10 y hasta 15	$a_i + b_i \cdot (dur_i - 10)$	7,0 %	0,5 %	8,4 %	0,5 %	10,5 %	0,5 %	20,0 %	1,0 %	35,0 %	1,8 %	58,5 %	0,5 %

Tipo Bono	0-5	5-10	10-15	15-20
0 --> AAA	0,90%		0,005	0,005
1 --> AA	1,10%		0,006	0,005
2 --> A	1,40%		0,007	0,005
3 --> BBB	2,50%		0,015	0,01
4 --> BB	4,50%		0,025	0,018
	7,50%		0,042	0,005

Activos	Market Valu	Duration	0-5	5-10	Total Charge
1	159840.16	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
2	359640.36	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
3	279720.28	3.977036916	0.0994259	0	0.09942592
4	359640.36	4.963967831	0.1240992	0	0.1240992
5	379620.38	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
6	129870.13	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
7	449550.45	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
8	529470.53	4.963967831	0.1240992	0	0.1240992
9	199800.2	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
10	429570.43	9.985996458	0.125	0.0747899	0.19978995
11	199800.2	7.953984934	0.125	0.0443098	0.16930977
12	189810.19	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
13	89910.09	9.985996458	0.125	0.0747899	0.19978995
14	169830.17	1.997797375	0.0499449	0	0.04994493
15	169830.17	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
16	79920.08	3.977036916	0.0994259	0	0.09942592
17	199800.2	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
18	479520.48	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
19	549450.55	9.985996458	0.125	0.0747899	0.19978995
20	119880.12	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
21	479520.48	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
22	589410.59	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
23	89910.09	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
24	369630.37	6.949858624	0.125	0.0292479	0.15424788
25	549450.55	7.953984934	0.125	0.0443098	0.16930977
26	309690.31	6.949858624	0.125	0.0292479	0.15424788
27	459540.46	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
28	579420.58	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
29	579420.58	1.997797375	0.0499449	0	0.04994493
30	139860.14	6.949858624	0.125	0.0292479	0.15424788
31	229770.23	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
32	199800.2	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
33	179820.18	3.977036916	0.0994259	0	0.09942592
34	39960.04	1.997797375	0.0499449	0	0.04994493
35	279720.28	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965
36	29970.03	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
37	129870.13	4.963967831	0.1240992	0	0.1240992
38	59940.06	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
39	519480.52	3.977036916	0.0994259	0	0.09942592
40	9990.01	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
41	189810.19	7.953984934	0.125	0.0443098	0.16930977
42	329670.33	7.953984934	0.125	0.0443098	0.16930977
43	469530.47	7.953984934	0.125	0.0443098	0.16930977
44	519480.52	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
45	119880.12	4.963967831	0.1240992	0	0.1240992
46	39960.04	1.997797375	0.0499449	0	0.04994493
47	329670.33	2.989053471	0.0747263	0	0.07472634
48	359640.36	3.977036916	0.0994259	0	0.09942592
49	199800.2	5.953857676	0.125	0.0143079	0.13930787
50	329670.33	8.966643578	0.125	0.0594997	0.18449965

- Código Macro Colectivo. Elaboración propia.

```

Private Sub Colectivo_Click()
Application.ScreenUpdating = False
Range("L39:Q49").Select
Selection.ClearContents
For i = 1 To 50
Application.Calculate

    For j = 1 To 10
        Sheets("Colectivo").Range("B2").Offset(i, j - 1).Value = Sheets("MIXTO").Range("B" & j).Value
    Next j
    Sheets("Colectivo").Range("B2").Offset(i, 10).Value = Sheets("MIXTO").Range("g49").Value
    Range("D38:I48").Select
    Selection.Copy
    Range("L39").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlAdd, SkipBlanks _
        :=False, Transpose:=False

Next i
End Sub

```

- Código Macro PVFP. Elaboración propia.

```

Private Sub PVFP_Click()
Dim datos(1 To 10, 1 To 40)

'*****VARIABLES DE TARIFICACIÓN*****
Dim vencimiento As Integer
Dim edad As Integer
Dim qx As Double
Dim px As Double
Dim nFX As Double
Dim Vt As Double
Dim nEX As Double
Dim Prima As Double
Dim gastos As Double
Dim Capital_Fallecimiento As Double
Dim Prima_Fallecimiento As Double
Dim PV_Prima_Fallecimiento As Double 'Se usará para el chequeo
Dim Provision_Matemática As Double
Dim Capital_Supervivencia As Double
Dim Min_Gar As Double
Dim risk_free As Double
Dim Spread As Double
Dim Margen As Double
Dim Descuento_Risk_Free As Double
Dim Descuento_Total As Double
Dim Lapses As Double
Dim cupon As Double
Dim cupones As String
Dim flujos(11) As Double
Dim flujos_ajustados(11) As Double
Dim Market_value As Double
Dim penalización As Double
Dim BEL As Double
Dim PnL_RW As Double
Dim PnL_RN As Double
Dim tir As Double

```



```

Dim MV_teorico As Double
Dim factor_calibracion As Double

vencimiento = Sheets("MIXTO").Range("b5").Value 'aleatorio
edad = Sheets("MIXTO").Range("B1").Value 'aleatorio
Prima = Sheets("MIXTO").Range("B3").Value ' aleatorio
Margen = Sheets("MIXTO").Range("B7").Value
risk_free = Application.WorksheetFunction.VLookup(vencimiento, Sheets("MIXTO").Range("U27:V46"), 2, 0)
Spread = Application.WorksheetFunction.VLookup(vencimiento, Sheets("MIXTO").Range("U27:W46"), 3, 0)
Min_Gar = risk_free + Spread - Margen
Lapses = Sheets("MIXTO").Range("B8").Value
cupon = risk_free + Spread
penalizacion = Sheets("MIXTO").Range("B9").Value 'La parte que se da al cliente si rescata antes de vencimiento
gastos = Sheets("MIXTO").Range("B6").Value

flujos(1) = -Prima
flujos_ajustados(1) = -Prima
For i = 1 To vencimiento

    datos(i, 1) = i
    datos(i, 2) = edad + i - 1
    datos(i, 3) = Application.WorksheetFunction.VLookup(datos(i, 2), Sheets("qx").Range("A2:B130"), 2, 0)
    datos(i, 4) = 1 - datos(i, 3)
    If datos(i, 1) = 1 Then
        datos(i, 5) = datos(i, 4)
    Else
        datos(i, 5) = datos(i - 1, 5) * datos(i, 4)
    End If
    datos(i, 6) = (1 + Min_Gar) ^ -datos(i, 1)
    datos(i, 7) = datos(i, 5) * datos(i, 6)
    If datos(i, 1) = 1 Then
        datos(i, 8) = Prima * datos(i, 3)
    Else

        datos(i, 8) = Prima * datos(i, 3) * datos(i - 1, 5)
    End If
    If datos(i, 1) = 1 Then
        datos(i, 9) = (Prima - Prima * datos(i, 3) / (1 + Min_Gar)) * (1 + Min_Gar) * (1 / datos(i, 4))
    Else
        datos(i, 9) = (datos(i - 1, 9) - Prima * datos(i, 3) / (1 + Min_Gar)) * (1 + Min_Gar) * (1 / datos(i, 4))
    End If
    If datos(i, 1) <> vencimiento Then
        datos(i, 10) = 0
    Else
        datos(i, 10) = datos(i, 9)
    End If
    PV_Prima_Fallecimiento = PV_Prima_Fallecimiento + (1 + Min_Gar) ^ -datos(i, 1) * datos(i, 8)

    datos(i, 11) = datos(i, 3) * (1 - Lapses / 2)
    datos(i, 12) = Lapses * (1 - datos(i, 3) / 2)

    '***** Calculamos la parte correspondiente al activo que machea*****
    'Activo comprado a la par --> Nominal = Prima
    'Duración la misma duración que el contratato de seguro
    'TIR= Cupón, porque se compra a la par
    'Cupones con Default ---> Se calculan los cupones probabilizados con un recovery del 40%
    'TIR Ajustada al Riesgo ---> Se calcula la TIR una vez calibrados los pagos para que cuadre

    If datos(i, 1) = vencimiento Then
        datos(i, 13) = Prima + cupon * Prima
    Else
        datos(i, 13) = cupon * Prima
    End If

    flujos(i + 1) = datos(i, 13)
Next i

```



```

'***** Es necesario generar un nuevo bucle porque la tir es necesaria para BV *****
tir = IRR(flujos, 0.1)

For i = 1 To vencimiento
If datos(i, 1) = 1 Then
    datos(i, 14) = Prima * (1 + tir) - datos(i, 13)
Else
    datos(i, 14) = datos(i - 1, 14) * (1 + tir) - datos(i, 13)
End If
Market_value = 0
For j = 1 To vencimiento - i
    Forward = Sheets("mixto").Range("x27").Offset(j - 1, i + 1)
    Forward = Forward + Sheets("mixto").Range("x50").Offset(j - 1, i + 1)
    Market_value = Market_value + datos(j + i, 13) * (1 + Forward) ^ -j
Next j
If datos(i, 1) <> vencimiento Then
    datos(i, 15) = Market_value
Else
    datos(i, 15) = datos(i, 13)
End If
If datos(i, 1) = 1 Then
    datos(i, 16) = 1
    datos(i, 17) = datos(i, 16) - datos(i, 11) - datos(i, 12)
Else
    datos(i, 16) = datos(i - 1, 17)
    datos(i, 17) = datos(i, 16) - datos(i, 11) - datos(i, 12)
End If
If datos(i, 1) = 1 Then
    datos(i, 18) = datos(i, 9) * datos(i, 17)
Else
    If datos(i, 1) = vencimiento Then
        datos(i, 18) = -datos(i, 9) * datos(i, 17)
    Else
        datos(i, 18) = datos(i, 9) * datos(i, 17) - datos(i - 1, 9) * datos(i, 16)
    End If
End If

datos(i, 19) = Prima * datos(i, 11) * datos(i, 16) '-->Pagos por fallecimiento
datos(i, 19) = datos(i, 19) + penalizacion * datos(i, 16) * datos(i, 12) * datos(i, 15) 'Incluimos las caidas con su penalización
datos(i, 19) = datos(i, 19) + datos(i, 10) * datos(i, 17) '-->Pagos en caso de supervivencia
If datos(i, 1) = 1 Then
    datos(i, 19) = datos(i, 19) + Prima * gastos '-->Gastos de constitución en el primer año.
End If

BEL = BEL + datos(i, 19) * (1 + Sheets("mixto").Range("x26").Offset(i, 1)) ^ -datos(i, 1)

If datos(i, 1) = 1 Then
    datos(i, 20) = 1
    datos(i, 21) = datos(i, 20) - datos(i, 3)
Else
    datos(i, 20) = datos(i - 1, 21)
    datos(i, 21) = datos(i, 20) - datos(i, 3)
End If
datos(i, 22) = Prima * datos(i, 3) * datos(i, 20) '-->Pagos por fallecimiento sin lapses
datos(i, 22) = datos(i, 22) + datos(i, 10) * datos(i, 21) '-->Pagos en caso de supervivencia sin lapses

If datos(i, 1) = 1 Then 'Ingresos financieros del activo al compararlo con la amortización contable
    datos(i, 23) = (datos(i, 14) - Prima + datos(i, 13)) * datos(i, 17)
Else
    datos(i, 23) = (datos(i, 14) - datos(i - 1, 14) + datos(i, 13)) * datos(i, 17)
End If
datos(i, 23) = datos(i, 23) + datos(i, 15) * (1 - penalizacion) * datos(i, 12) * datos(i, 16) 'Incluimos las ganancias
'que nos supone el rescate: penalización al cliente
datos(i, 23) = datos(i, 23) + datos(i, 11) * datos(i, 16) * (datos(i, 15) - datos(i, 9))

If datos(i, 1) = 1 Then 'La Prima entra en t=i
    datos(i, 24) = Prima
End If
datos(i, 24) = datos(i, 24) - datos(i, 19) - datos(i, 18) + datos(i, 23)
datos(i, 25) = (1 + Sheets("mixto").Range("x26").Offset(i, 1) + Sheets("mixto").Range("x26").Offset(i, -1)) ^ -datos(i, 1)
PnL_RW = PnL_RW + datos(i, 24) * datos(i, 25)
datos(i, 25) = Exp(-Sheets("mixto").Range("x26").Offset(i, -1) * datos(i, 1))
If datos(i, 1) = 1 Then

```



```

    datos(i, 26) = 1 - datos(i, 25)
Else
    datos(i, 26) = datos(i - 1, 25) - datos(i, 25)
End If
datos(i, 27) = datos(i, 25) * datos(i, 13) 'La probabilidad del cobro de cupones y devolución de nominal
'si el activo no hace default
datos(i, 28) = Prima * 0.4 * datos(i, 26) 'Pagos en caso de default : Nominal(igual a prima)*Recovery(40%)*Probabilidad de Default
datos(i, 29) = datos(i, 27) + datos(i, 28) 'Pagos totales probabilizados
MV_teorico = MV_teorico + datos(i, 29) * (1 + Sheets("mixto").Range("X26").Offset(i, 1)) ^ -datos(i, 1)
'Descontamos los CFs Probabilizando utilizando la curva Risk Free

Next i
***** Necesitamos interrumpir el bucle porque necesitamos calibrar los flujos
'y para calcular la tir ajustada a riesgo (nueva evolución del BV)*****
factor_calibracion = Prima / MV_teorico
For i = 1 To vencimiento
datos(i, 30) = datos(i, 29) * factor_calibracion
flujos_ajustados(i + 1) = datos(i, 30)
Next i
tir_ajustada_riesgo = IRR(flujos_ajustados, 0.1)
For i = 1 To vencimiento
    If datos(i, 1) = 1 Then
        datos(i, 31) = Prima * (1 + tir_ajustada_riesgo) - datos(i, 30)
    Else
        datos(i, 31) = datos(i - 1, 31) * (1 + tir_ajustada_riesgo) - datos(i, 30)
    End If
    If datos(i, 1) = 1 Then 'Ingresos financieros del activo al compararlo con la amortización contable. Ahora en entorno RN

        datos(i, 32) = (datos(i, 31) - Prima + datos(i, 30)) * datos(i, 17)
    Else
        datos(i, 32) = (datos(i, 31) - datos(i - 1, 31) + datos(i, 30)) * datos(i, 17)
    End If
    datos(i, 32) = datos(i, 32) + datos(i, 15) * (1 - penalizacion) * datos(i, 12) * datos(i, 16) 'Incluimos las ganancia
    ' que nos supone el rescate: penalización al cliente
    datos(i, 32) = datos(i, 32) + datos(i, 11) * datos(i, 16) * (datos(i, 15) - datos(i, 9)) 'En caso de fallecimiento
    'tendremos como Perdida/ganancia el exceso de la Reserva sobre le MV del activo

    If datos(i, 1) = 1 Then 'La Prima entra en t=1
        datos(i, 33) = Prima
    End If
    datos(i, 33) = datos(i, 33) - datos(i, 19) - datos(i, 18) + datos(i, 32)
    PnL_RN = PnL_RN + datos(i, 33) * (1 + Sheets("mixto").Range("x26").Offset(i, 1)) ^ -datos(i, 1)
Next i
***** Realmente cuadra pero da error por algo más allá del decimal 10, redondeo a 3 decimales*****
If Round(datos(vencimiento, 10), 3) <> Round((Prima - FV_Prima_Fallecimiento) / datos(vencimiento, 7), 3) Then
    Z = MsgBox("ERROR PRICING")
End If
Z = MsgBox(PnL_RN)

End Sub

```

