

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES



**TESIS DOCTORAL**

**Modelización estocástica de flujos de caja bajo la normativa de  
solvencia II para un seguro de vida de larga duración**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Ewa Dylewska**

Directores

**José Antonio Gil Fana**  
**Antonio José Heras Martínez**  
**José Luis Villar Zanón**

**Madrid, 2018**

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

TESIS DOCTORAL

MODELIZACIÓN ESTOCÁSTICA DE FLUJOS DE CAJA BAJO LA NORMATIVA  
DE SOLVENCIA II PARA UN SEGURO DE VIDA DE LARGA DURACIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

Ewa Dylewska

Bajo la dirección de los doctores:

José Antonio Gil Fana  
Antonio José Heras Martínez  
José Luis Vilar Zanón

Madrid, 2017

ISBN:



U N I V E R S I D A D  
**COMPLUTENSE**  
M A D R I D

MODELIZACIÓN ESTOCÁSTICA DE FLUJOS DE CAJA  
BAJO LA NORMATIVA DE SOLVENCIA II  
PARA UN SEGURO DE VIDA DE LARGA DURACIÓN

Doctoranda: Ewa Dylewska

Directores: Dr. José Antonio Gil Fana,  
Dr. Antonio José Heras Martínez y  
Dr. José Luis Vilar Zanón

## DEDICACIONES Y AGRADECIMENTOS

*Esta tesis se la dedico a mi familia: a mis padres, a mi marido y a mi hija Ada. Sois mi vida.*

*Quiero agradecer a todos quienes me han apoyado en mi camino y sin darse cuenta han sido mis mejores mentores:*

*a la Doctora Maria Jesús Mures Quintana por enseñarme por primera vez la belleza de la estadística actuarial,*

*a la Doctora María Purificación Galindo Villardón por enseñarme prioridades en la ciencia y en la vida, por su enorme inteligencia emocional y fuerza femenina,*

*y sobre todo – a mis tres tutores: el Doctor José Antonio Gil Fana, el Doctor Antonio José Heras Martínez y el Doctor José Luis Vilar Zanón por los centenares de mensajes, horas de estudio, ideas que hemos intercambiado escribiendo esta tesis y por indicarme la línea de eficiencia para este estudio. No he podido tener más suerte!*

*También agradezco mucho a mis sinceras amigas: Vanesa, Lorena y Elena por cada minuto que hemos compartido. Gracias a vosotras he podido seguir estudiando en España.*

*Por último, quiero agradecer a mi empresa Metlife, a cada miembro del Departamento de Productos y sobre todo a: Piotr Szczepanski, Jan Pelc, Agnieszka Blicharz y Bożena Trzaska por todo el apoyo y por convertir el trabajo en un placer. También agradezco a los actuarios financieros: a Jerzy Wierzbicki y a Marcin Pasternak quienes me han proporcionado varias ideas para esta tesis.*

## ÍNDICE

ABSTRACT (English) .....	7
RESUMEN (Castellano) .....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	17
1.1. Compromiso entre valor para el asegurado y rentabilidad para accionista en un seguro de vida de larga duración .....	17
1.2. Incertidumbres y riesgos para un producto de seguro de vida de larga duración .....	21
1.3. Objetivo y estructura del estudio .....	26
2. CONSTRUCCIÓN DEL PRODUCTO DE SEGURO DE VIDA .....	28
2.1. Las características básicas y opciones del contrato de seguro .....	28
2.2. Tablas de vida estáticas y dinámicas .....	29
2.2.1. Base de información estadística .....	29
2.2.2. Construcción de una tabla de vida y morbilidad estática .....	30
2.2.3. Tablas de vida dinámicas .....	32
2.2.4. Tablas de vida dinámicas para productos con primas unisex .....	34
2.2.5. Asunciones e implicaciones de la tabla de vida dinámica .....	36
2.3. El método de cálculo de primas, beneficios y reservas del contrato .....	37
2.4. Análisis de primas brutas del producto .....	38
2.5. Asunciones del producto, económicas y sobre el comportamiento de la cartera .....	39
3. REQUISITOS DE CAPITAL SEGÚN SOLVENCIA II .....	42
3.1. Valor en riesgo en Solvencia II .....	42
3.2. Valoración de fondos propios bajo el régimen de Solvencia II .....	43
3.3. Consideraciones sobre productos de larga duración en régimen de Solvencia II .....	45
3.4. Coste de capital y tipos de descuento .....	47
3.5. Requisitos de capital de acuerdo a la fórmula estándar de Solvencia II .....	48
3.5.1. Requerimiento mínimo de capital (MCR) .....	48
3.5.2. Capital de solvencia (SCR) .....	49
3.5.3. El capital de solvencia básico (BSCR) .....	51
3.6. Principales asunciones estadísticas de la fórmula estándar de Solvencia II .....	58
3.7. Modelos internos de capital de Solvencia II .....	61
4. ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE CAJA .....	64
4.1. Evolución en tiempo de los principales flujos de caja .....	64
4.2. Estructura del BEL y del SCR .....	70
4.2.1. Estructura del BEL .....	70

4.2.2. Estructura del capital de solvencia (SCR).....	74
4.3. Medidas del beneficio .....	76
4.3.1. Definición de Beneficio contable .....	76
4.3.2. Margen de beneficio.....	77
4.3.3. Embedded value .....	78
4.3.4. Tasa interna del rendimiento .....	78
4.3.5. Retorno sobre activos .....	79
4.3.6. Análisis de medidas de beneficio para el producto estudiado.....	79
4.4. Relación entre los parámetros de contrato, los requisitos de capital y las medidas de beneficio .....	82
4.4.1 Coeficientes de correlación de Pearson y de Spearman .....	82
4.4.2. Correlaciones entre variables del modelo .....	83
4.5. Clasificación de pólizas en subconjuntos homogéneos.....	87
4.5.1. Agrupación de pólizas para el Problema 1 .....	88
4.5.2. Agrupación de pólizas para el Problema 2.....	92
5. MODELIZACIÓN ESTOCÁSTICA DE LOS FLUJOS DE CAJA.....	96
5.1. Definición de un proceso estocástico .....	96
5.2. Supuestos para el análisis estocástico .....	97
5.3. Análisis del impacto de modelización estocástica de provisiones técnicas .....	103
5.3.1. Cálculo del SCR bajo escenarios de continua subida o bajada de las tasas de liquidación.....	103
5.3.2. Cálculo del SCR bajo escenarios de independencia de las tasas de liquidación..	107
5.4. Implicaciones de los resultados de la modelización estocástica de tasas de caída.....	111
6. OPTIMIZACIÓN DE LOS REQUISITOS DE CAPITAL.....	115
6.1. Problema de maximización del beneficio frente a los requisitos de capital.....	115
6.2. Programación multiobjetivos y optimalidad de Pareto .....	117
6.3. En búsqueda de la línea de eficiencia del programa .....	118
6.3.1. Problema 1: línea de eficiencia para la optimización del beneficio y los requisitos de capital definidos por cada Euro de prima del contrato .....	120
6.3.2. Problema 2: línea de eficiencia para la optimización del beneficio y los requisitos de capital de póliza .....	126
6.4. Implicaciones de la optimalidad de Pareto.....	131
7. CONCLUSIONES .....	133
8. BIBLIOGRAFÍA.....	137
9. ANEXO.....	142
9.1. Base estadística .....	142
9.2. El cálculo de Factor de reducción de mortalidad (Reduction Factor – RF).....	144
9.3. Tabla de vida dinámica .....	147

9.4. Primas anuales del contrato.....	149
9.5. Asunciones económicas y sobre la cartera.....	150
9.6. Resultados del <i>profit testing</i> .....	151
9.7. Prueba de normalidad.....	163
9.8. Optimización de los requisitos de capital.....	164
9.9. Pantallas del modelo de cálculo de requisitos de capital y de <i>profit testing</i> .....	165
9.10. Resultados de 99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos .....	169

## **ABSTRACT (English)**

Long term insurance contracts might be beneficial both for the insured and for the insurance company.

From the insured's perspective, some characteristics of long term insurance contracts which make them attractive might be: guarantee of renewability, premium guarantee, lower overall insurance cost, possibility of purchasing a product with more complex cover and lower cost.

Long term insurance contracts in relation to short term contracts allow insurance companies to build wider and more stable portfolios of contracts, which are exposed to lower variability of mortality or morbidity payments and as a consequence – reinsurance need is lower thanks to diversification of risk inside of the portfolio. Moreover, long term insurance contracts allow to reduce the overall acquisition costs related with intermediaries remuneration, medical underwriting, cost of design, pricing, implementation and launching of new products. They are also related to a more stable business and allow for better investment planning, which can transfer into overall increase of quality and lower operational risk. Last of all, long term insurance contracts are likely to allow for higher embedded value defined at single policy level.

On the other hand, long term insurance contracts include several risks which might impact to solvency in stronger manner than in case of short term contracts. This refers mainly to financial risks related with management of assets and liabilities, risk related with level of future expenses, lapse risk, biometric risks and value of all long-term guarantees which such contracts are likely to include.

The general solvency principle results in interest of both insured and insurance company. In this meaning, the Solvency II directive aims to value uncertainty and risk related with insurance contract by assigning it a cost of required capital, which can be easily transferred into the final insurance premium.

While the main uncertainties and risks related with an insurance contract are reflected by Solvency II directive, there are a couple of complementary risk management measures that can be introduced from the product development side. These measures consist in: calculation of value of best estimate in a most accurate way,

contract duration management, consideration of policy surrender value and interests accredited to clients at the product pricing stage, product design which considers cover which is both attractive to client and profitable to the company, introduction of profit metrics which include solvency capital requirements.

To illustrate the impact of proposed complementary risk management measures available from product development side, there have been constructed pricing and cash flow model for a particular long term product which is regular premium endowment with acceleration of payment in case of cancer diagnosis. The model incorporated dynamic mortality tables that allow for a better fit of premium and policy benefits to the actual risk. The model allows for cash flow projection and in consecutive steps calculates Solvency II capital requirement according to standard formula.

Projected cash flows including solvency capital requirements are modeled and there is conducted detailed analysis of profit metrics such as profit margin, embedded value, internal risk of return and return on assets. It is observed that for this particular product, there is very limited impact on profit of insured's age while impact of insured's gender may be more pronounced. Contract duration strongly influences solvency capital requirements and consequently profit metrics. There is also an observed strong impact of the level of contract face amount and premium. Moreover, solvency capital requirements (SCR) and best estimate liability (BEL) are strongly related each other in the initial projection periods but this correlation declines through the projection period.

Clustering of contracts in homogeneous groups with respect to their initial solvency capital requirements ( $SCR_0$ ) and new business embedded value ( $EV_0$ ) allow to observe which contract characteristics have main impact on prevalence to certain groups. Two possible aggrupation are studied out of which each considers three homogeneous groups:

- aggrupation 1: based on value of  $SCR_0$  and  $EV_0$  for 1 Euro of contract premium which allows for excluding impact of insurance premium due to observed strong correlation between premium and solvency capital requirements and embedded value;
  - Group 1: policies with the lowest  $EV_0$  and medium  $SCR_0$ ; this group is formed mainly by 20-years contracts with medium face amounts; pronounced major proportion of males.

- Group 2: policies with the highest  $EV_0$  and highest  $SCR_0$ ; this group is formed by longest contracts (25-30 years), highest face amounts; pronounced major proportion of females.
- Group 3: policies with the medium  $EV_0$  and lowest  $SCR_0$ ; this group is formed by shortest contracts (10-15 years), lowest face amounts; similar proportion of males and females.
- aggrupation 2: based on value of  $SCR_0$  and  $EV_0$  defined at the single policy level; although there is an observed strong correlation with premium, such aggrupation also make sense in practice:
  - Group 1: policies with medium  $EV_0$  and medium  $SCR_0$ ; this group is formed by all duration of contracts but medium or high premiums and face amounts.
  - Group 2: policies with high  $EV_0$  and high  $SCR_0$ ; this group is formed by all duration of contracts but the highest premiums and face amount; pronounced bigger share of females.
  - Group 3: policies with low  $EV_0$  and low  $SCR_0$ ; this group is formed by all duration of contracts but low premiums and face amount.

Analysis of the structure of capital requirements within life underwriting sub-module revealed the importance of lapse risk as a major component. Therefore, the initial solvency capital requirements optimization effort consist in analyzing the possible reduction of capitals that would correspond to this risk. Solvency II directive allows to use partial internal models if they afford a more realistic estimation of solvency capital requirements. The trial of a partial internal model consists in the calculation of solvency capital requirements calibrated for 99,5 percentile of  $VaR_\alpha$  corresponding to the following two approaches on the behavior of lapse rates:

- Permanent descent or increase of lapse rates, distorted by stochastic component (with smaller impact);
- Full independence of changes of lapse rates for each  $t$  year.

For each of those two approaches 10.000 stochastic scenarios have been generated for each year  $t$ , following a normal distribution and considering three variability levels that change the tail of the distribution.

The first conclusion to be derived is that for insurance products similar to the studied endowment, solvency capital requirements calculated through standard formula

may not be sufficient to cover capital requirements even in the worst of 200 years. At the level of the life underwriting risk sub-module, capital deficiency might be to some extent covered by capital requirements for morbidity and mortality risk. Although standard formula assumes no correlation between lapse risk and morbidity or mortality risk, during initial years of the contract higher than expected lapse risk results in greater descent of in-force portfolio which in consequence should also transfer into lower amount of paid morbidity and mortality benefits. It seems therefore that standard formula might not be prudent enough in case of products similar to the studied endowment. From the product perspective, this implies even a higher importance of the lapse risk in relation to value of liabilities, solvency and overall company benefits.

In order to optimize solvency capital requirements, an optimization is proposed aiming to find the best proportion of each sub-portfolio of policies in the total production. This optimization is based on homogeneous clusters defined in previous steps of the analysis, taking as criteria the initial solvency capital requirements ( $SCR_0$ ) and the new business embedded value ( $EV_0^{CR}$ ) for the following two aggrupations:

- aggrupation 1: solvency capital requirements and new business embedded value defined for 1 Euro of monthly premium
- aggrupation 2: solvency capital requirements and new business embedded value defined at the policy level.

Proportions of each sub-portfolio (clusters) are obtained through Pareto optimization, allowing to maximize benefits represented by the new business embedded value, for a fixed level of solvency capital requirements. Moreover, the following more general conclusions are derived:

- the longest contracts (25-30 contract durations) allow for the highest benefits in terms of embedded value but also require the highest solvency capital requirements;
- contracts with higher premiums and face amounts allow for higher benefits while solvency capital requirements are higher but more aligned;
- if solvency capital requirements suppose a limitation, an option worth to consider is to sell contracts with duration of 10-20 years as an alternative to the longest durations (25-30).

The major contribution of this thesis consists in a wide analysis of solvency capital requirements and overview from the product perspective. There are several

studies focusing on liabilities management from the perspective of internal solvency models. However, very few consider product perspective in optimizing solvency capital requirements and at the same time – maximizing benefits. Another important contribution consists in the stochastic modelling of solvency capital requirements related with lapse risk. Although it is likely to be a major part of solvency capital requirements of the life underwriting risk sub-module, there are still few publications which analyze how standard formula fits to real data. Last but not least – it is shown how Pareto optimization might suppose a good alternative in solvency capital requirements optimization and maximization of benefits, while it is a tool available from the product perspective. It is also shown to be more efficient.

## **RESUMEN (Castellano)**

Los contratos de larga duración son interesantes tanto para el asegurado como para las entidades aseguradoras.

Desde la perspectiva de asegurado, las características más atractivas de los contratos de larga duración son: garantía de renovación, garantía de prima, un coste total del seguro más bajo, y finalmente la posibilidad de adquirir un seguro más complejo que combina varias coberturas a un coste más económico.

Los contratos de larga duración, al contrario que los contratos de corta duración, permiten a las compañías aseguradoras formar carteras más amplias y estables, con menor volatilidad de pagos por mortalidad o morbilidad y menor necesidad de reaseguro gracias a la posibilidad de diversificación de riesgo de seguro dentro de la cartera. Además, permiten reducir el total de los gastos de adquisición del contrato tales como remuneración de intermediarios, pruebas médicas, coste de diseño de nuevos productos o lanzamiento. Se relacionan también con un negocio más estable por lo que permiten mejor planificación de los gastos e inversiones, lo que se puede transferir a un incremento de calidad y a un menor riesgo operativo. Por último, los contratos de larga duración se suelen asociar con el beneficio medido por un *embedded value* más alto (en nivel de póliza) que en el caso de los contratos de duración corta.

Sin embargo, los contratos de larga duración incluyen riesgos que representan amenazas para la solvencia más acusadas que en los casos de contratos cortos. Nos referimos sobre todo al riesgo financiero relacionado con la gestión de activos y pasivos, el riesgo relacionado con el nivel de gastos futuros, las variaciones de la cartera debidas a los rescates, el riesgo biométrico y todas aquellas garantías del contrato que se convierten en obligaciones a largo plazo.

Aun así, el principio de solvencia está en el interés tanto del asegurado como del accionista. Solvencia II intenta medir incertidumbres y riesgos de un contrato de seguro estimando un valor para los capitales requeridos, valor que se transfiere al coste final de seguro y a la rentabilidad. En consecuencia, es necesario encontrar un compromiso entre el asegurado y el accionista respecto a las características de contrato de seguro.

Las principales incertidumbres y riesgos relacionados con un contrato de seguro están reflejados por la normativa de Solvencia II. Desde la perspectiva de desarrollo de productos se puede proponer algunas medidas complementarias de gestión de pasivos, de acuerdo con Solvencia II. Estas medidas son las siguientes: el cálculo de valor actual de obligaciones lo más adecuado posible, la gestión de la duración de los contratos, la consideración de los valores de rescates e intereses acreditados al cliente en la fase de construcción del producto, un diseño que intente unir la cobertura atractiva para el cliente a la par que rentable para el accionista, y finalmente la introducción de medidas de beneficio que incluyen requisitos de capital de solvencia.

Para ilustrar el impacto de las medidas propuestas se construye un modelo particular de seguro de vida y supervivencia que incluye la aceleración del pago en caso de un posible diagnóstico de cáncer. En la etapa de construcción del modelo se aplican las tablas de vida dinámicas que permiten un ajuste de primas y beneficios del contrato más cercanas al riesgo. El modelo permite realizar una proyección de flujos de caja y en sucesivos pasos, calcular los requisitos de capital de Solvencia II según la fórmula estándar.

Sobre la base de estos flujos de caja que ya incluyen los requisitos de capital de solvencia, se realiza una modelización y un profundo análisis de medidas de beneficio tales como el margen de beneficio, el *embedded value*, y las tasas internas de rendimiento y retorno sobre activos. Se observa que, para el producto estudiado, el impacto sobre el beneficio de la edad del asegurado es limitado y que el género del asegurado tiene un mayor impacto. La duración del contrato tiene mucha influencia sobre los requisitos de capital de solvencia y en consecuencia, también sobre las medidas de beneficio. Se observa también que la suma asegurada y la prima del seguro afectan importantemente las medidas de beneficio. Por último, los requisitos de capital de solvencia (SCR) y la mejor estimación (BEL) guardan una estrecha relación al inicio del periodo de proyección, decayendo esta a lo largo de dicho periodo debido a una disminución de la correlación.

La agrupación de las pólizas de la cartera en clústeres homogéneos respecto a los requisitos de capital inicial ( $SCR_0$ ) junto el *new business embeded value* ( $EV_0$ ) permiten observar qué características de los contratos tienen más impacto sobre estas medidas. Se estudian dos posibles agrupaciones, dentro de las cuales se forman tres grupos homogéneos:

- Agrupación 1, basada en el valor de  $SCR_0$  y  $EV_0$  por cada Euro de prima del contrato, excluyéndose así el impacto de prima de seguro (se observa una fuerte correlación de prima de seguro con los requisitos de capital de solvencia y el *embedded value*):
  - Grupo 1 de pólizas con  $EV_0$  más bajo y  $SCR_0$  medio: a este grupo pertenecen sobre todo los contratos con duración de 20 años, y sumas aseguradas medias; en ellos destaca una mayor proporción de hombres.
  - Grupo 2 de pólizas con mayores  $EV_0$  y  $SCR_0$ : a este grupo pertenecen los contratos de más larga duración (25-30 años), y con más altas sumas aseguradas; el grupo se caracteriza por una mayor proporción de mujeres.
  - Grupo 3 de pólizas con  $EV_0$  medio y  $SCR_0$  más bajo: a este grupo pertenecen los contratos de duración 10-15 años, más bajas sumas aseguradas; la proporción de hombres y mujeres es muy parecida.
- agrupación 2, que se basa en valor de  $SCR_0$  y  $EV_0$  definidos al nivel de una póliza; aún se observa el impacto de una fuerte correlación de prima de seguro, esta agrupación resulta interesante desde una perspectiva práctica:
  - Grupo 1 de contratos con  $EV_0$  medio y  $SCR_0$  medio: a este conjunto pertenecen los contratos de todas las posibles duraciones, que tengan las primas de seguro y las sumas aseguradas medias o altas.
  - Grupo 2 de contratos con  $EV_0$  más alto y  $SCR_0$  más alto: a este grupo pertenecen los contratos de todas las posibles duraciones, que tengan las primas y las sumas aseguradas más altas; destaca una mayor proporción de mujeres.
  - Grupo 3 de contratos con  $EV_0$  más bajo y  $SCR_0$  más bajo: este conjunto está formado por los contratos de todas las posibles duraciones, que tengan las primas de seguro y las sumas aseguradas más bajas.

Análisis de la estructura de los requisitos de capital de solvencia dentro del sub-módulo de riesgo de suscripción de vida permite observar que el elemento principal de este sub-modulo se corresponde con el riesgo de caídas de cartera. Por lo tanto, la primera idea sobre optimización de los requisitos de capital consiste en la búsqueda de posibles reducciones de requisitos de capital correspondientes a este riesgo. La normativa de Solvencia II permite la creación de los modelos internos parciales si permiten un mejor ajuste de valor de los requisitos de capital de solvencia a la realidad.

Por lo tanto, como se intenta construir un modelo interno parcial, se realiza el cálculo de los requisitos de capital calibrados al 99,5 percentil de  $VaR_\alpha$  para dos enfoques sobre comportamiento de las tasas de caída de cartera:

- incluyendo el impacto de un aumento o descenso permanente de las tasas de caída de cartera y una componente estocástica de menor impacto
- asumiendo plena independencia se los escenarios de caída de cartera.

Para cada de enfoques se genera un número total de 10.000 escenarios que asumen una distribución simétrica, normal y tres niveles de variabilidad de la tasa durante los años de proyección  $t$ .

La primera conclusión es que para los productos similares al estudiado, los requisitos de capital calculados mediante la fórmula estándar pueden no ser suficientes para cubrir las necesidades de capital incluso en el peor de los 200 años. En nivel de sub-módulo de riesgo de suscripción de vida, la escasez de los capitales puede cubrir en parte los requisitos de capital por riesgo de morbilidad o mortalidad. Aunque la fórmula estándar asume que no existe correlación entre el riesgo de caídas de cartera y el riesgo de morbilidad o mortalidad, durante los primeros años, una tasa de caídas superior al esperado resulta en una mayor disminución de cartera en vigor por lo que los pagos de beneficios por morbilidad o mortalidad deberían disminuir también. Parece que la fórmula estándar puede ser demasiado onerosa respecto a los requisitos de capital por riesgo de cartera para productos similares al estudiado. Desde la perspectiva de producto esto implica una gran importancia del riesgo de las tasas de caída de cartera sobre el valor de pasivos, solvencia y el beneficio para el accionista.

Con el fin de optimizar los requisitos de capital y maximizar el beneficio para el accionista se propone una optimización de proporción de sub-carteras en la producción total (cartera global). Esta optimización se realiza para los conjuntos de pólizas homogéneos determinados anteriormente, tomando como criterio los requisitos de capital inicial ( $SCR_0$ ) y el beneficio inicial ( $EV_0^{CR}$  - *new business embedded value*) para dos posibles agrupaciones descritas anteriormente:

- agrupación 1: requisitos de capital y el beneficio definidos por 1 Euro de prima mensual
- agrupación 2: requisitos de capital y el beneficio definidos en nivel de 1 póliza.

La optimización Pareto permite obtener unas proporciones de cada sub-cartera (conjunto) y maximizar el beneficio representado por el *embedded value* para un dado nivel de requisitos de capital de solvencia. Además, se obtienen las siguientes conclusiones generales:

- los contratos con duración más larga (25-30 años) permiten un beneficio medido por el *embedded value* más alto, pero también requieren más capitales de solvencia;
- los contratos de primas o sumas aseguradas más altas permiten un beneficio más alto con los requisitos de capital superiores pero más alineados;
- una buena opción para maximizar el beneficio cuando los requisitos de capital suponen una limitación consiste en la venta de los contratos de duración 10-20 años como una alternativa a los contratos más largos (25-30 años)

La aportación clave de este estudio consiste en un estudio más amplio de los requisitos de capital de solvencia, realizado desde la perspectiva de producto. Existen varios estudios enfocados a la gestión de pasivos desde la perspectiva de los modelos internos. Sin embargo, muy pocos consideran lo que se puede hacer desde la perspectiva del producto para optimizar los requisitos de capital y a su vez maximizar el beneficio. Otra aportación importante consiste en la modelización estocástica de los requisitos de capital para el riesgo de caídas de cartera. A pesar de que este riesgo es dominante para los requisitos de capital incluidos en el sub-módulo de riesgo de suscripción de vida, todavía existen pocas publicaciones que comprueban como la formula estándar se ajusta a situaciones reales respecto a comportamiento distinto de las tasas de caída de cartera. Por último, se demuestra como una alternativa – una aplicación de optimización Pareto que permite una optimización de capitales de solvencia y maximización del beneficio, por lo que puede proporcionar una herramienta complementaria de gestión de pasivos disponible desde la perspectiva de producto. A su vez, puede ser una herramienta más eficaz.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Compromiso entre valor para el asegurado y rentabilidad para accionista en un seguro de vida de larga duración**

Existen varias razones por las que los contratos de larga duración en seguros de vida resultan de interés tanto para los clientes como para las compañías de seguros. Para el asegurado suponen una cobertura más larga del riesgo de mortalidad, por lo que no se requiere el esfuerzo de buscar un nuevo producto de seguro de vida cada vez que vence el seguro de corta duración (por ejemplo cada año o cada 5 años). Si un producto de seguro de vida de larga duración contiene una garantía de renovación, el asegurado puede estar seguro que aunque su estado de salud se deteriore durante el periodo de seguro, su cobertura seguirá sin cambios (en relación a su accesibilidad y cobertura) mientras pague todas las primas de seguro. Un producto de seguro de vida puede también considerar una garantía para el valor de la prima de seguros, por lo que aunque el riesgo de mortalidad del asegurado crezca por la edad o por el empeoramiento de su estado de salud (o incluso si varía el nivel de mortalidad de toda la población de asegurados -o de una población general), el valor de la prima no cambiará.

Otra ventaja desde la perspectiva del asegurado consiste en la posibilidad de obtener una cobertura de seguro de vida con un coste total más bajo en caso de contratos de larga duración. Las compañías de seguros invierten los activos que cubren obligaciones de los contratos en vigor y de este modo reciben un rendimiento en los activos, por lo que pueden descontar las obligaciones futuras de los contratos de seguro con una tasa de interés. Los pagos de beneficios esperados por muerte o enfermedad/invalididad que pertenecen a los periodos de cobertura futuros estarán descontados entonces con una tasa de interés garantizada por la compañía de seguros. Consecuentemente, el valor actual de los beneficios considerado en el cálculo de primas de seguros es inferior y, por tanto, la suma de primas de seguro del periodo de cobertura puede ser más baja que lo que sería la suma de primas de varios contratos de duración corta. Además, las primas fijas del seguro de larga duración, aunque suelen ser más altas al inicio del contrato respecto a la adquisición de un contrato de corta duración, permiten un descuento importante para la cobertura a largo plazo, por lo que

el asegurado puede seguir con la cobertura que necesite sin necesidad de pagar unas primas de seguro excesivamente altas.

Por último, otra ventaja de los productos de larga duración desde la perspectiva del asegurado, consiste en la posibilidad de combinar dentro de un producto de seguro de vida varias coberturas de riesgos obteniéndose de este modo un seguro complejo a un coste más económico. Esto se refiere principalmente a la combinación de riesgo de muerte y supervivencia, si bien puede incluir también otros riesgos tales como una cobertura adicional en caso de enfermedad, invalidez o accidente. Pueden suponer una buena herramienta para ahorrar fondos para la pensión y a su vez proteger ante riesgos más graves. La reducción de prima de seguro resulta de la combinación de riesgos opuestos, como muerte y supervivencia o de riesgos relacionados como la incidencia de una enfermedad grave y muerte. Aunque es posible diseñar también contratos de duraciones cortas que incluyen coberturas más amplias de riesgos, los contratos de supervivencia a corto plazo tienen un coste más elevado. Además, a corto plazo y teniendo en cuenta los tipos de interés actuales muy bajos, puede ser difícil su competición con la alternativa del ahorro en una cuenta bancaria.

Los productos de larga duración pueden suponer también una buena fuente de rentabilidad para las entidades aseguradoras porque permiten formar unas carteras de seguros más amplias y estables, lo que facilita una gestión de cartera más eficaz. La primera razón es que los mayores gastos suelen ocurrir al principio del contrato. Los agentes de seguro e intermediarios esperan una remuneración más alta en el momento de la venta para compensar el esfuerzo de adquisición de un nuevo cliente. Además, en caso de seguros de vida que cubren unas sumas aseguradas altas, o si existe una situación particular del cliente que indica un riesgo superior a lo asumido para la población general (como por ejemplo una edad más elevada, el historial de enfermedad individual o familiar), se suele proceder a la firma de un contrato de seguro previa realización de unas pruebas médicas (*underwriting*). Esto supone un coste adicional que repercute tanto en la rentabilidad de productos como en el valor de las primas de seguros.

La introducción de un nuevo producto a la venta supone un coste adicional para la compañía aseguradora, lo que se relaciona sobre todo con un aumento del coste de los recursos humanos (seguimiento de la oferta de los competidores, diseño del producto, preparación de prospectos informativos y contratos de seguro), de los sistemas

informáticos y de administración (introducción de un nuevo producto en los sistemas ilustrativos de venta, desarrollo o configuración de sistemas administrativos).

Los costes de mantenimiento de los productos de seguro durante los años del contrato suelen ser inferiores y se refieren sobre todo a comisiones por renovaciones de pólizas que suelen ser más bajas respecto al primer año del contrato, mantenimiento de las relaciones con el cliente (departamentos de servicio al cliente, realización de los pagos de beneficios de contratos de seguros), mantenimiento de sistemas administrativos de pólizas o gestión de activos y pasivos.

La gestión de una cartera de pólizas más amplia permite también un negocio más estable en relación a la planificación de gastos e inversiones. El riesgo de que venza y no se renueve una gran proporción de la cartera, disminuyendo drásticamente el flujo de las primas de seguros, es menor. En términos generales, una menor incertidumbre sobre el futuro del negocio permite una política de desarrollo a largo plazo y seguimiento de las inversiones, lo que puede incidir en un incremento de calidad y disminución del riesgo operativo y, en consecuencia, en unas menores pérdidas operacionales.

Las carteras de productos de larga duración, si se refieren a un negocio rentable a lo largo de periodo, pueden facilitar también una más estable política de pago de dividendos para los accionistas, debido a unos flujos de beneficios más estables. Además, el valor de la empresa representado por el *embedded value* suele ser más alto en el caso de carteras de productos de larga duración por la longitud de los flujos de beneficios futuros, lo que tiene importancia a la hora de las adquisiciones o de las fusiones.

Las carteras de productos de larga duración pueden ser más amplias dado que en el nuevo negocio se van acumulando las pólizas en vigor adquiridas en el pasado. Las carteras que contienen un número más amplio de individuos se caracterizan por una menor volatilidad de las tasas de mortalidad o morbilidad que las carteras pequeñas. También el impacto del pago de beneficios de contratos de altas sumas aseguradas es menos pronunciado para el resultado financiero, debido a que existe un flujo de provisiones técnicas más alto para poder enfrentar estos pagos. Por la razón de diversificación de riesgo de seguro dentro de la cartera, la necesidad de reaseguro de carteras más amplias es menor, lo que se traduce en un beneficio superior ya que las primas de reaseguro ya no suponen un coste adicional o se cede una menor parte de

negocio (por ejemplo solamente el exceso de las sumas aseguradas sobre un nivel muy alto).

Aunque los contratos de seguro de larga duración pueden ser más atractivos para el asegurado, proporcionándole un seguro de vida con una más larga y amplia cobertura a un menor coste, y aunque a su vez estos seguros pueden ser más rentables para los accionistas debido a la posibilidad de gestionar una cartera de seguros más amplia con unos flujos de beneficio más largos, desde la perspectiva de solvencia existen varios aspectos que hacen difícil que las compañías aseguradoras ofrezcan estos contratos de larga duración.

La larga duración del contrato de seguro supone un flujo de primas devengadas por asegurado más largo pero también un flujo de pagos y obligaciones variable con respecto al nivel de riesgo biométrico futuro, a los riesgos financieros relacionados con gestión de activos y pasivos, a los riesgos relacionados con el nivel de gastos futuros, a las variaciones de cartera debidas a los rescates, y finalmente a los riesgos operativos y otros más. En general, todas las garantías incluidas en el contrato de seguro y bien valoradas por parte del asegurado tienen sus repercusiones porque constituyen una obligación a largo plazo para la empresa.

Llegados a este punto hay que destacar que el principio de solvencia de una compañía aseguradora va en el interés tanto del asegurado como del accionista. El asegurado que ha firmado un contrato de seguro de vida de larga duración espera que la compañía aseguradora pueda hacer frente a las obligaciones que figuran en el contrato de seguro. Esto se refiere sobre todo al pago de prestaciones del contrato (prestaciones por muerte, morbilidad o supervivencia, valor de rescate) pero también al seguimiento de la cobertura, porque en el momento de firmar el contrato el asegurado ha rechazado otras ofertas de productos de seguros que, al transcurrir el tiempo, ya no están disponibles bajo las mismas condiciones, pudiéndose dar el caso de que el coste de adquisición de un nuevo producto de seguro pueda ya ser mayor o su accesibilidad más limitada. Desde la perspectiva del accionista, el principio de solvencia de una compañía aseguradora es todavía más claro pues se refiere a la incertidumbre sobre el valor de los beneficios futuros y al riesgo de pérdida de capitales invertidos en un negocio.

Una visión más compleja de la incertidumbre y de los riesgos en los contratos de seguros es la proporcionada por el régimen de Solvencia II. Este requiere una precisa valoración de los activos y pasivos consistente con el mercado, además de una

detallada cuantificación de los riesgos relacionados con la cartera de seguros en vigor. De este modo trata de poner un coste a las incertidumbres futuras, definiendo el valor de los capitales mínimos requeridos para que una compañía permanezca solvente durante 1 año, incluso en el peor escenario posible para un periodo de retorno de 200 años. Un coste de capital superior se puede transferir al coste de seguro de vida. Como consecuencia, todo esto resulta en un compromiso entre las obligaciones requeridas por el asegurado y las obligaciones que el accionista puede devengar, para que el contrato de seguro les proporcione a ambos la rentabilidad que desean obtener correspondiente al riesgo que acepten. En este sentido, la directiva de Solvencia II proporciona el enfoque económico adecuado para los riesgos relacionados con un contrato de seguro que puede ser trasladado a un mejor diseño de estos productos de seguros de vida.

## **1.2. Incertidumbres y riesgos para un producto de seguro de vida de larga duración**

Un producto de seguro de vida de larga duración está expuesto a varios riesgos de distinta naturaleza. Entre estos, los más pronunciados suelen ser los riesgos financieros, riesgos biométricos, riesgos de nivel de gastos, riesgos de nivel de rescates, y riesgos operacionales. La importancia y el impacto de estos riesgos están determinados por las características específicas de los contratos, por su duración y finalmente por las garantías incluidas.

La existencia de estos riesgos produce incertidumbre respecto a la volatilidad, al cambio de tendencia o magnitud de los cambios en el comportamiento futuro de la cartera o el entorno de la entidad aseguradora.

Aunque las incertidumbres son también relativas a los activos de una empresa aseguradora, este estudio se centra en la parte de pasivos, es decir, en las obligaciones de la compañía aseguradora. Teniendo en cuenta la estructura de los pasivos de Solvencia II, desarrollada en más detalle en el capítulo 3 *Requisitos de capital según Solvencia II*, podemos decir que las incertidumbres sobre valor de pasivos tienen tres vertientes:

- Incertidumbre sobre valor de mercado de los pasivos a largo plazo – se refiere a la valoración consistente al mercado de las obligaciones según las asunciones actuales sobre nivel de riesgo (*best estimate assumptions*)
- Incertidumbre sobre valor de capital requerido a largo plazo – se refiere a valoración de capitales requeridos para asumir las pérdidas inesperadas producidas por varios riesgos de seguro
- Incertidumbre sobre rentabilidad de inversión a largo plazo – se refiere a nivel de capitales requeridos para una inversión, al patrimonio libre y al nivel de beneficio que el accionista puede obtener de la inversión

El principal riesgo en seguros de vida se refiere a la incertidumbre sobre obligaciones resultantes del riesgo biométrico, es decir, a los pagos de prestaciones por causa de muerte, casos de morbilidad tales como enfermedad, invalidez o accidente o prestaciones por supervivencia (riesgo de longevidad).

Además del riesgo de longevidad, otro riesgo muy importante en el caso de los productos de seguro de vida con cobertura de supervivencia es el riesgo financiero, sobre todo cuando la duración del contrato es demasiado larga para los instrumentos financieros al alcance que cubren las obligaciones del contrato (riesgo de *mismatching* entre activos y pasivos), o cuando los instrumentos disponibles no son líquidos o su mercado es escaso.

El riesgo de que los activos y pasivos no estén adecuadamente casados se puede representar, en el caso de los productos de seguro de vida de larga duración, mediante un valor de póliza. El montante pagado en caso de rescate no debería superar a la provisión matemática en un montante superior al valor de mercado de los activos que cubren las obligaciones contraídas en virtud del contrato de seguro. Además, el interés garantizado al cliente debido a los beneficios obtenidos en inversiones de activos (*profit sharing*) no debería superar a los marcados por la curva libre de riesgo. Es aquí donde se tiene que considerar la posible asimetría en el reparto de los beneficios con el cliente. Asimetría que consiste en la práctica habitual de compartir con el cliente las ganancias cuando en un periodo  $t$  (un año de inversión) se obtiene un rendimiento superior al asumido, no compartiendo por contra las pérdidas de inversión de activos de periodos  $t-1$  o  $t+1$ . Por estas razones, el valor final de las obligaciones puede superar el valor de los activos. Si esto ocurre, se tienen que aprobar las medidas complementarias que permitan valorar el pasivo por encima de la curva libre de riesgo.

El nivel de las liquidaciones también supone un riesgo para un producto de seguro de vida. El incremento de la tasa de liquidaciones suele dañar al producto sobre todo cuando el nivel de gastos iniciales no ha podido ser recuperado, o cuando las pólizas liquidadas suponen una pérdida de beneficios futuros. El incremento de la tasa de liquidaciones se puede realizar como un incremento instantáneo o bien como un evento relacionado con alguna situación inesperada, por ejemplo una caída de los mercados financieros, una crisis económica o la caída de la reputación de la aseguradora. También una bajada de la tasa de liquidaciones puede suponer un aumento de obligaciones futuras si las cargas por rescate suponen una fuente de financiación para el producto de seguro o cuando se incrementa el coste de las garantías futuras.

Todas las garantías del contrato suponen una obligación pues se transfieren a un coste de capital adicional. La garantía de nivel de primas brutas en un producto con primas regulares puede suponer un gran coste si las tasas de interés actuales están por debajo de la tasa de interés incluida en el cálculo de las primas o beneficios de rescate del contrato. También el cambio de riesgo asegurado puede suponer una pérdida cuando la compañía aseguradora por razón de la garantía de las primas no puede ajustar las primas a un nivel de riesgo actual. Además, todas las opciones del contrato, como la posibilidad de incrementar la suma asegurada sin evaluación médica del asegurado, o bien la posibilidad de liquidación de la póliza sin gastos de rescate en caso de algún evento particular, suponen un coste adicional que puede convertirse en una pérdida si el nivel de realización de estas opciones está por encima de los niveles esperados a la hora de la definición del producto.

El cambio en el nivel de gastos de mantenimiento de contratos incluidos en el cálculo de primas del contrato puede suponer un riesgo cuando las primas estén garantizadas y no es posible incrementar su nivel para cubrir el incremento de gastos o bien cuando el cambio de nivel de gastos se puede cubrir solamente en parte por el incremento de primas de contrato o incremento de otras tasas pagadas por el cliente durante la vida del contrato.

Los productos de seguro de vida cuyas primas aseguradas no dependen del género (*pricing unisex*), mientras el género discrimine dos riesgos diferenciados, están expuestos al riesgo de estructura de cartera de género. La estructura de género puede desviarse de la media en el momento de la firma del contrato ( $t=0$ ), sobre todo si las hipótesis no son adecuadas, cuando las ventas se realizan a un conjunto de clientes con

unas características distintas de las del grupo para el que el producto fue definido. También se puede producir debido a que las tasas de liquidaciones de pólizas sean distintas según el género [11], o por el riesgo asegurado más alto en uno de los casos (por ejemplo riesgo de mortalidad más alto para los hombres que resulta en incremento de la proporción de las mujeres).

Además, aunque un producto esté bien protegido ante los riesgos mencionados, podrá estar expuesto también a un riesgo catastrófico que pueda estar provocado por una enfermedad infecciosa grave, un atentado terrorista, una guerra o un accidente de algún medio de transporte colectivo. En caso de ocurrencia de un riesgo catastrófico, la compañía aseguradora puede estar obligada a un pago de prestaciones de seguro de vida o salud enormemente por encima de niveles asumidos en la fase de construcción del producto de seguro.

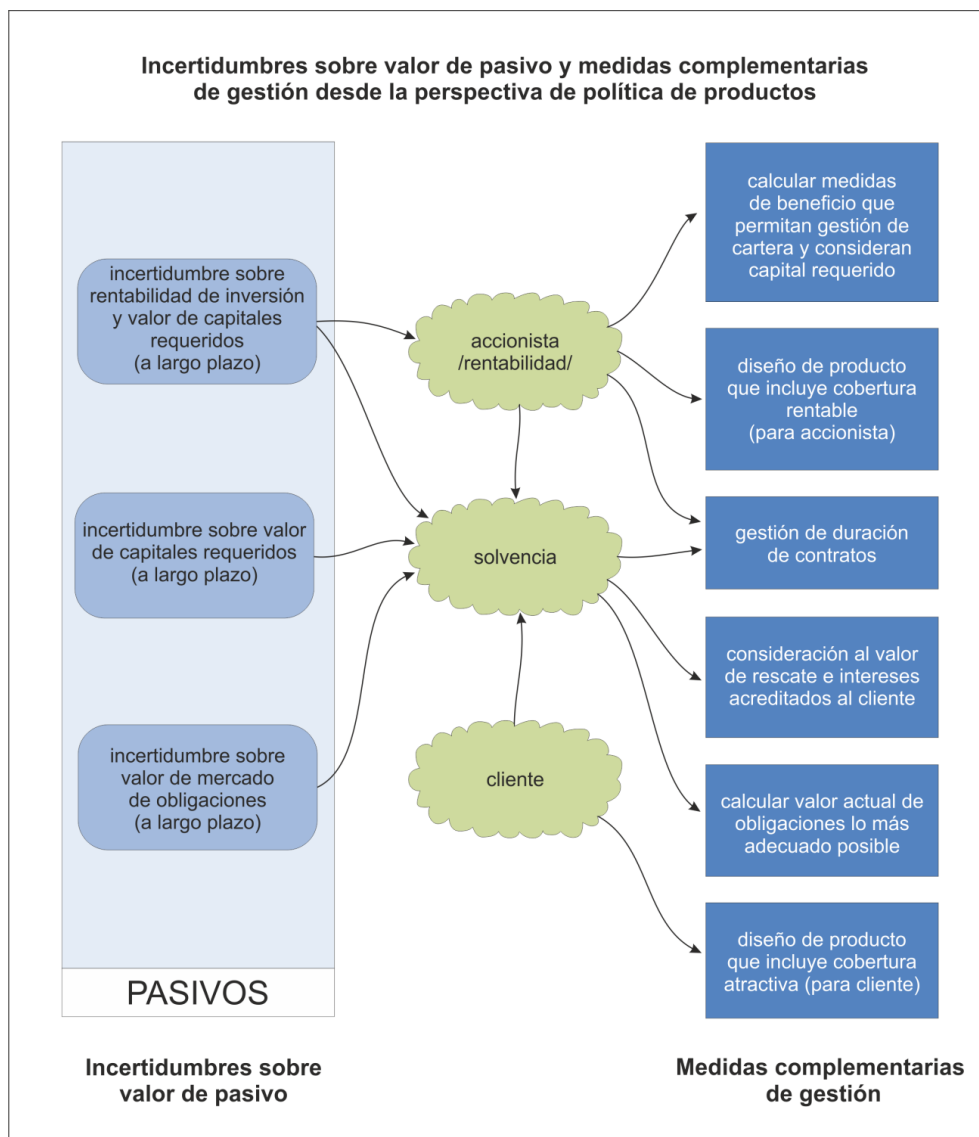
Existen también otros riesgos estructurados dentro de la fórmula estándar de requisitos de capital de Solvencia II, a los que están expuestas las compañías aseguradoras, como el riesgo de revisión de las tasas aplicables a las rentas debido a cambios en la legislación o en la salud de la persona asegurada, riesgo de renta variable, riesgo de inversiones inmobiliarias, riesgo de intermediación (*spread*), riesgo de concentración, riesgo de tipo de cambio o riesgo de iliquidez.

Desde la perspectiva de Solvencia II, la gestión de pasivos requiere sobre todo una precisa evaluación de compromisos pendientes consistente con el mercado, así como un cálculo técnico de la carga de capital que considere un amplio panorama de los incertidumbres relacionados con los contratos en vigor. En este aspecto se pueden relacionar las siguientes medidas complementarias a introducir en el área de la construcción de productos de seguro, todas ellas en apoyo a la mejor gestión de pasivos:

- Cálculo del valor actual de provisiones técnicas (BEL+RM) lo más adecuado posible, aplicando todo el conocimiento respecto a la posible evolución del riesgo y varias técnicas de modelización, incluyendo la modelización estocástica.
- Acreditación de intereses al cliente como una participación en los beneficios (*profit sharing*) por debajo de la curva libre de riesgo.
- Flujos de activos y pasivos machedos acoplados.
- Gestión de la duración de contratos respecto a máxima duración accesible .

- Diseño del producto considerando el compromiso entre la cobertura de seguro atractiva para el cliente y rentable para el accionista – se refiere a las garantías, opciones y cobertura del contrato
- Cálculo de las medidas de beneficio que permiten buena gestión y consideran a la vez el capital requerido.

El siguiente gráfico esquematiza las incertidumbres respecto al valor de pasivos de una compañía aseguradora en régimen de Solvencia II y las medidas complementarias de gestión a introducir en el área de construcción de productos de seguro:



**Gráfico:** *Incertidumbres sobre valor de pasivo y medidas complementarias de gestión desde la perspectiva de política de productos (Elaboración propia).*

### 1.3. Objetivo y estructura del estudio

El objetivo de este estudio es proporcionar una vista desde la perspectiva del diseño de productos de seguros de vida sobre la valoración de pasivos en régimen de Solvencia II correspondientes a obligaciones de larga duración y a su vez, proponer unas medidas complementarias que permitan optimizar los requisitos de capital de Solvencia II y maximizar el rendimiento para el accionista. Este objetivo se alcanza mediante el análisis del impacto sobre los requisitos de capital y el beneficio de las características de los contratos que se definen en la fase de diseño, tales como duración del contrato, volumen de pólizas o cobertura del seguro. El estudio, por tanto se centra en el análisis de valor de los requisitos de capital y el beneficio para el accionista al inicio del contrato (*new business embedded value*). Se asume la perspectiva del actuario de productos de seguro de vida, aplicando herramientas conforme a la práctica actuarial actual, por lo que en este aspecto se intenta basar en la experiencia profesional del autor como actuario de productos de seguro de vida.

Con el fin de realizar el estudio e ilustrar las posibles relaciones se construye un modelo actuarial para un producto de seguro de vida de larga duración que es un seguro mixto de vida y supervivencia con la aceleración del pago de suma asegurada en caso de diagnóstico del cáncer. Para el producto estudiado se realiza el cálculo de primas, provisiones técnicas tradicionales y la mejor estimación, valores de rescate en caso de liquidación anticipada y el cálculo de los requisitos de capital de Solvencia II. Las características del producto estudiado y la metodología de construcción de un producto de seguro de vida aplicada forma parte del capítulo 2: *Construcción del producto de seguro de vida*. Los requisitos de capital bajo la normativa de Solvencia II están descritos detalladamente considerando las características específicas del producto de seguro de vida estudiadas en el capítulo 3: *Requisitos de capital según Solvencia II*.

En el segundo paso se realiza el *profit testing*, el cálculo de requisitos de capital de Solvencia II y las medidas de beneficio. Los flujos de caja estimados para una cartera hipotética de pólizas sirven de base para un análisis detallado del impacto de las características de contrato de seguro de vida de larga duración sobre los requisitos de capital de Solvencia II y el beneficio.

El capítulo 4: *Análisis de los flujos de caja* estudia evolución de los principales flujos durante la vida del producto y las relaciones entre los parámetros del contrato, beneficios y pagos y los requisitos del capital según Solvencia II. Dentro de este capítulo se estudian también las medidas de beneficio que incluyen los requisitos de capital de Solvencia II, que permiten una mejor gestión global de la política de productos. Además, se estudian las relaciones entre los parámetros del contrato, los requisitos de capital y el beneficio. Se realiza también una clasificación de pólizas en conjuntos homogéneos (*clústeres*) que permite entender mejor las relaciones entre las características de un contrato de seguro, los requisitos de capital y el beneficio.

El siguiente paso consiste en la modelización estocástica de los flujos de caja con el fin de validar cómo los requisitos de capital para el riesgo de caída de cartera definidos por la fórmula estándar de Solvencia II se corresponden con los requisitos de capital realmente necesarios. El capítulo 5: *Modelización estocástica de los flujos de caja* intenta modelizar el valor de la “mejor estimación” y los requisitos de capital de Solvencia II bajo los procesos estocásticos respecto al cambio de la estructura de cartera debida a la liquidación anticipada de pólizas (este es el riesgo más importante para el valor de requisitos de capital dentro del módulo de Riesgo de suscripción de vida del producto estudiado).

En el último paso de análisis se busca un óptimo de Pareto entre los requisitos de capital y el beneficio, teniendo en cuenta los parámetros de contrato de seguro de vida que tienen más impacto sobre el resultado. El capítulo 6: *Optimización de los requisitos de capital* presenta las soluciones para la construcción de un producto de vida de larga duración respecto a parámetros tales como la duración y el volumen de contratos, que permiten optimizar los requisitos de capital y de este modo, incrementar el beneficio de la compañía aseguradora.

Por último, las conclusiones finales de este estudio están recogidas el capítulo 7: *Conclusiones*. Aquí se trata de resumir las principales observaciones del estudio, proporcionar unas consideraciones más generales e indicar las posibles líneas de investigación para el futuro.

## **2. CONSTRUCCIÓN DEL PRODUCTO DE SEGURO DE VIDA**

### **2.1. Las características básicas y opciones del contrato de seguro**

En este trabajo se estudia un producto de seguro de vida de larga duración distribuido por una hipotética compañía española operando bajo el régimen de Solvencia II. La venta se realiza por el canal tradicional, es decir mediante los agentes de seguros. Se asumen las siguientes simplificaciones:

- La compañía aseguradora solamente distribuye un producto de seguro sin que su cartera contenga otro tipo de seguros. Por lo tanto, se ignora el impacto de las posibles diversificaciones sobre los márgenes de solvencia bajo el régimen de Solvencia II;
- La compañía aseguradora asume todo el riesgo del seguro, sin cederlo a los terceros mediante el reaseguro;

La compañía aseguradora opera bajo los regímenes previstos por la Directiva de Solvencia II. El seguro ofrecido por la hipotética compañía aseguradora – el seguro de vida y supervivencia [20] que incluye adicionalmente la aceleración del pago en caso de un posible diagnóstico de cáncer – proporciona los siguientes beneficios:

- 1) Pago de la suma asegurada en caso de fallecimiento del asegurado durante el periodo del seguro;
- 2) Pago acelerado de la suma asegurada en caso de diagnóstico de cáncer durante el periodo del seguro;
- 3) Pago de la suma asegurada en el momento de sobrevivir al final del periodo de vigencia del seguro..

El pago de la suma asegurada finaliza el periodo de vigencia del seguro.

El producto está diseñado para proteger el asegurado durante un largo periodo de tiempo: entre 10 y 30 años. El seguro contiene una garantía del nivel de primas y beneficios a lo largo del periodo de vigencia del seguro. Las primas son constantes y se cobran mensualmente.

La tasa técnica de interés ( $i$ ) utilizada para el cálculo de primas y beneficios es constante a lo largo del periodo y está garantizada. El nivel de la tasa técnica de interés es igual al 1,20%.

El producto no contiene participación del asegurado en beneficios (*profit sharing*), lo que disminuye su exposición al riesgo de no casamiento de activos y pasivos valorados consistentemente con el mercado, bajo el régimen de Solvencia II. Este aspecto está explicado en más detalle en el apartado 3.3.

## **2.2. Tablas de vida estáticas y dinámicas**

### **2.2.1. Base de información estadística**

El cálculo de primas netas, beneficios y reservas del contrato de seguro se basa en la siguiente información estadística:

- Probabilidad de muerte a la edad  $x$  ( $q_x$ ), descrita por las tablas de vida publicadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2012,
- Probabilidad de muerte a causa de cáncer a la edad  $x$  ( $q_x^{CA}$ ), según las estadísticas publicadas por el World Health Organization (WHO) en la base GLOBOCAN 2012, la probabilidad de muerte a causa de cáncer de cualquier tipo, excepto el de piel (no melanoma), en relación a grupos de edad y sexo.
- Probabilidad de diagnóstico de cáncer a la edad  $x$  ( $dd_x$ ), según las estadísticas publicadas por el World Health Organization (WHO) en la base GLOBOCAN 2012, la incidencia de diagnóstico de cáncer de cualquier tipo, excepto el de piel (no melanoma), en relación a grupos de edad y sexo.

En este seguro, entendemos por cáncer la diagnosis de cualquier tipo de cáncer excepto el cáncer de piel (no melanoma - según el código C-44 en la Clasificación Internacional de Enfermedades ICD-10) que se suele excluir de cobertura por dificultades en la determinación del momento de inicio de la enfermedad lo que dificulta a su vez la determinación de la responsabilidad de la compañía aseguradora.

### 2.2.2. Construcción de una tabla de vida y morbilidad estática

Las probabilidades de muerte y diagnóstico de cáncer sirven de base para la construcción de una tabla de vida y morbilidad. Se trata de una extensión de una tabla de vida tradicional. En este caso, la supervivencia a la edad  $x$  ( $s(x)$ ) viene determinada no solamente por el hecho de sobrevivir a una determinada edad  $x$ , sino de sobrevivir sin diagnóstico de cáncer.

Además, la tabla para la población asegurada asume que el número de muertes a lo largo del periodo de observación está reducido por las muertes por causa de cáncer, dado que se incluyen las salidas de los asegurados (pago de beneficio) debidas a un diagnóstico de cáncer.

En una tabla de vida tradicional estática se asume que el número de sobrevivientes a la edad  $x$  depende solamente de la muerte. Por lo tanto, se asume homogeneidad de la población y la misma exposición al riesgo de mortalidad. A parte de esta hipótesis de homogeneidad de la población, se asume también la independencia y estacionariedad. La independencia consiste en que la supervivencia de cada individuo del grupo es independiente de la de los restantes miembros, pues las respectivas variables aleatorias que representan el fenómeno biométrico serán, para cada tipo de sucesos, estocásticamente independientes. Por último, las tablas estadísticas asumen que la probabilidad de supervivencia depende solamente de la edad y el sexo, y no depende del tiempo. Estas hipótesis ya no se asumen en las tablas de vida dinámicas descritas en el siguiente sub-capítulo.

La función de supervivencia tradicional se define mediante una función de distribución  $F_X(x)$  de la variable  $X$  que representa la edad de muerte de un individuo [7, 32]:

$$F_X(x) = P(X \leq x), \text{ donde } x \geq 0$$

$$s(x) = 1 - F_X(x) = P(X > x)$$

La función de supervivencia  $s(x)$  define la probabilidad de que un recién nacido sobreviva hasta la edad  $x$ . La probabilidad de que un recién nacido muera entre las edades  $x$  y  $z$  se define como:

$$P(x < X \leq z) = F_X(z) - F_X(x) = s(x) - s(z)$$

Entonces, la probabilidad de que un recién nacido muera entre las edades  $x$  y  $z$ , condicionada a que ha sobrevivido hasta la edad  $x$  se define como:

$$P(x < X \leq z | X > x) = \frac{F_X(z) - F_X(x)}{F_X(x)} = \frac{s(z) - s(x)}{s(x)}$$

La probabilidad de que un individuo de edad  $x$  sobreviva  $t$  años, es decir, muera a la edad  $x+t$  se escribe  ${}_t p_x$  y la probabilidad de que un individuo edad  $x$  muera dentro de  $t$  años se escribe como  ${}_t q_x$ . Entonces:

$$\begin{aligned} {}_x p_0 &= s(x) \\ {}_t p_x &= \frac{{}_{x+t} p_0}{{}_x p_0} = \frac{s(x+t)}{s(x)} \\ {}_t q_x &= 1 - \frac{s(x+t)}{s(x)} \end{aligned}$$

En la vida real, la hipótesis de homogeneidad de la población respecto al riesgo de mortalidad no se cumple. Un individuo que se convierte en discapacitado a la edad  $x$  o afronta a una enfermedad grave tendrá una función de supervivencia distinta a otro que a la misma edad permanece sano. En la construcción de la tabla de vida para el seguro estudiado se mantiene esta hipótesis sobre la homogeneidad del grupo, asumiendo que todos los individuos representan la misma probabilidad de muerte o diagnóstico de cáncer hasta que ocurra el evento estudiado (ya sea este la muerte o diagnóstico de cáncer). La nueva función de supervivencia se describe como  $s(x)^*$

Entonces, cuando se considera un grupo de recién nacidos  $l_0=100\,000$ , cuyo número de supervivientes a la edad  $x$  ( $l_x$ ) disminuye por motivo de muerte o diagnóstico de cáncer, se tiene que:

$$l_x^* = l_0 \cdot s(x)^*$$

El número de muertes o diagnóstico de cáncer a la edad  $x$  se entiende como:

$$d_x^* = l_x^* - l_{x+1}^*$$

El seguro estudiado paga la suma asegurada en caso de la muerte o diagnóstico de cáncer y el pago de la suma asegurada finaliza el contrato. Por lo tanto, se asume que:

$$d_x^* = q_x \cdot l_x^* - r \cdot q_x^{CA} \cdot l_x^* + p_x \cdot dd_x \cdot l_x^*$$

El factor  $r$  corresponde a la proporción de muertes por cáncer que han sido diagnosticados previamente. En este caso se asume el valor de  $r = 80\%$ . El valor de  $d_x^*$  representa el número de eventos asegurados a la edad  $x$  de la cohorte inicial  $l_0$ . El seguro proporciona el pago de la suma asegurada en el momento de la diagnosis del

cáncer. Por lo tanto, el pago del beneficio por muerte a causa de cáncer se va a realizar solamente cuando el cáncer no ha sido diagnosticado previamente. Debido a la falta de información se asume unilateralmente que hasta un 20% de las muertes causadas por cáncer no han sido diagnosticados previamente.

Además, se calculan otras funciones complementarias [7, 32]:

$$D_x^* = l_x^* \cdot v^t$$

$$C_x^* = d_x^* \cdot v^{t+1}$$

$$N_x^* = \sum_{t=0}^{\omega} D_{x+t}^*$$

$$M_x^* = \sum_{t=0}^{\omega} C_{x+t}^*$$

### 2.2.3. Tablas de vida dinámicas

Los seguros de vida de larga duración están expuestos tanto al riesgo de mortalidad como al riesgo de longevidad. Existe una gran incertidumbre sobre posibles tendencias y niveles de riesgo en el futuro. Por lo tanto, con el fin de pronosticar los cambios de nivel de riesgo, se construye las tablas de vida dinámicas. Las tablas dinámicas proporcionan un mejor ajuste de los niveles esperados del riesgo de mortalidad y longevidad.

Las tablas de vida dinámicas representan las estimaciones del valor de probabilidad de muerte correspondiente a la edad  $x$  en el año  $t$  ( $\hat{q}_{xt}$ ) [22, 23, 46]. Este tipo de las tablas de vida se basan en unas tablas estáticas a las que se aplica una función de ajuste que representa el cambio de riesgo de mortalidad a la edad  $x$ , que tiene lugar durante  $t$  años. Las tablas de vida dinámicas asumen que la supervivencia de una cohorte depende del tiempo físico, pues el requisito de estacionariedad en su caso no se verifica. En otras palabras, las tablas dinámicas se construyen con el objetivo de representar una proyección de mortalidad de una cohorte, cuyo riesgo de mortalidad depende no solamente de la edad ( $x$ ) sino también del tiempo ( $t$ ).

Existen varios modelos que permiten calcular la disminución del riesgo de mortalidad año a año, para de este modo construir unas tablas de vida dinámicas. Entre los modelos más utilizados en la práctica actuarial se encuentran el método del Factor

de Reducción (*Reduction Factor*) propuesto por Continuous Mortality Investigation Bureau (CMIB) [14] y el Modelo de Lee-Carter [15, 41, 49], con modificaciones de numerosos autores [19, 33]. Una detallada revisión de métodos y modelos aplicados en la actualidad para el ajuste de mortalidad fue presentada por ejemplo por Booth [5].

Una tabla dinámica tiene dos o más dimensiones, dependiendo del número de parámetros del modelo utilizados para su creación. El estudio de Debón Aucejo, Martínez Ruiz, Montes Suay [18] presenta las tablas dinámicas creadas con la aplicación de los modelos dependientes de edad y cohorte (*age-cohort model*), edad y periodo (*age-period model*), edad, periodo y cohorte (*age-period-cohort model*) o edad y deriva (*age-drift model*). Normalmente las filas de una tabla dinámica representan la edad ( $x$ ) y las columnas representan años consecutivos, o bien el número de años que han transcurrido desde el momento 0 ( $t$ ). Un esquema de la tabla de mortalidad dinámica es el siguiente:

x   t	0	1	2	3	...	n
0	$q_{0,0}$	$q_{0,1}$	$q_{0,2}$	$q_{0,3}$	...	$q_{0,n}$
1	$q_{1,0}$	$q_{1,1}$	$q_{1,2}$	$q_{1,3}$	...	$q_{1,n}$
2	$q_{2,0}$	$q_{2,1}$	$q_{2,2}$	$q_{2,3}$	...	$q_{2,n}$
...	...	...	...	...	...	...
110	$q_{110,0}$	$q_{110,1}$	$q_{110,2}$	$q_{110,3}$	...	$q_{110,n}$

**Tabla:** Esquema de la tabla de mortalidad dinámica

Cada diagonal de la matriz corresponde a una cohorte, es decir, a un grupo de individuos nacidos en el mismo año. La mortalidad a la misma edad de varias cohortes es distinta y normalmente disminuye a medida que aumenta el año de nacimiento. A veces ocurre que el cambio de mortalidad de unas cohortes o grupos de cohortes es muy distinto del de otros. Este efecto se denomina el “efecto cohorte” (*cohort effect*).

La elección de una columna de la matriz permite crear una tabla de vida estática pronosticada para el horizonte de  $t$  años. Además, en la práctica actuarial puede resultar útil crear una tabla abreviada que recoja resultados para una sola cohorte (una diagonal de la tabla dinámica entera). Entonces, la tabla dinámica que describe la mortalidad de

una cohorte a la cual pertenece un individuo edad  $x_d$ , asumiendo una disminución de mortalidad cada año, tendrá la forma siguiente:

$x$	$q_{x,t}$
$x_d$	$q_{x_d,0}$
$x_{d+1}$	$q_{x_{d+1},1}$
$x_{d+2}$	$q_{x_{d+2},2}$
...	...
110	$q_{110,110-x_d}$

**Tabla:** Esquema de la tabla de mortalidad dinámica abreviada

#### 2.2.4. Tablas de vida dinámicas para productos con primas unisex

La Directiva 2004/113/WE sobre igualdad de primas de seguros para hombres y mujeres exige que las primas pagadas para un seguro y los beneficios del contrato sean independientes del género. Desde la implementación de la directiva, la hipótesis sobre la estructura de género de la población asegurada se ha convertido en una suposición de gran importancia a la hora de calcular las primas. Un análisis de la estructura de la población asegurada a la hora de establecer el contrato de seguro es fácil. Sin embargo, una proyección de la estructura de la población asegurada a lo largo del periodo de vigencia del seguro requiere un modelo más complejo. Las tablas de vida dinámicas se pueden utilizar como un modelo descriptivo para los cambios en la estructura [24] de género de la población. De este modo, las tablas de vida dinámicas permiten cubrir a un seguro no solamente del riesgo de longevidad sino también del riesgo de cambio de estructura de género resultante de los distintos riesgos de mortalidad de los dos géneros.

Una gran ventaja de las tablas de vida dinámicas unisex consiste en el hecho de que las tablas reflejan no solamente el cambio de mortalidad resultante del incremento en la edad y en el tiempo, sino que también permiten incluir en el cálculo otros cambios de la estructura de la población asegurada, como el cambio en la estructura de género dentro de un grupo de asegurados. Esto se refiere sobre todo al incremento de la proporción de mujeres en el grupo debido a su riesgo de mortalidad inferior.

A veces ocurre que la tasa de liquidación de las pólizas es superior para uno de los géneros. Además, por la anti-selección de riesgos durante la vida del producto, los que mantienen el producto suelen ser los que tienen probabilidad de obtener el beneficio más alto. Sin embargo, por razón de la prudencia o la volatilidad de las hipótesis sobre las liquidaciones de las pólizas, se suele no incluir las tasas de liquidación en el cálculo de las primas. Las tablas de vida dinámicas permiten predecir el impacto del cambio esperado de la estructura de la cartera al nivel de primas de seguros, incluyendo en el cálculo solamente el cambio en la composición por género.

Para la construcción de tabla de vida dinámica se utiliza la siguiente notación:

$l_{x,t}^F$  – número de mujeres edad  $x$  en el año  $t$

$l_{x,t}^M$  – número de hombres edad  $x$  en el año  $t$

$z^F$  – proporción de mujeres al principio de la proyección

$k_{x,t}^F$  – ajuste de número de mujeres edad  $x$  en el año  $t$

$laps_t^F$  – tasa de liquidación de pólizas en el año  $t$  adquiridas por mujeres

$laps_t^M$  – tasa de liquidación de pólizas en el año  $t$  adquiridas por hombres

$IF_{x,t}^F$  – porcentaje de pólizas vigentes de mujeres edad  $x$  en el año  $t$

$IF_{x,t}^M$  – porcentaje de pólizas vigentes de hombres edad  $x$  en el año  $t$

$R(x,t)^F$  – reducción de mortalidad de mujer edad  $x$  en el año  $t$

$R(x,t)^M$  – reducción de mortalidad de hombre edad  $x$  en el año  $t$

Construyendo tablas de vida dinámicas asumimos que la proporción de cada género no es constante a lo largo del periodo pero cambia como consecuencia de un mayor riesgo de mortalidad de uno de los géneros, o de distinta tasa de liquidación de pólizas:

$$l_{0,0}^F = z^F \cdot 100000$$

$$l_{0,0}^M = (1 - z^F) \cdot 100000$$

$$l_{x,t}^F = l_{x-1,t-1}^F - d_{x,t}^F - k_{x,t}^F$$

$$l_{x,t}^M = l_{x-1,t-1}^M - d_{x,t}^M + k_{x,t}^F$$

$$d_{x,t}^F = q_x^F \cdot R(x,t)^F \cdot l_{x,t}^F$$

$$d_{x,t}^M = q_x^M \cdot R(x,t)^M \cdot l_{x,t}^M$$

El ajuste de la población a consecuencia de las liquidaciones de pólizas se realiza transfiriendo un número de mujeres o de hombres entre las cohortes de cada

género. Si la proporción de uno de los géneros a la edad  $x$  en el año  $t$  cambia debido a una distinta tasa de liquidaciones, se realiza una corrección entre cohortes, añadiendo a la cohorte con un número de individuos demasiado pequeño parte de individuos de otra cohorte.

$$\begin{aligned}
 IF_{x,t}^F &= IF_{x-1,t-1}^F \cdot (1 - q_x^F \cdot R(x,t)^F) \cdot (1 - laps_t^F) \\
 IF_{x,t}^M &= IF_{x-1,t-1}^M \cdot (1 - q_x^M \cdot R(x,t)^M) \cdot (1 - laps_t^M) \\
 \frac{IF_{x,t}^F}{IF_{x,t}^F + IF_{x,t}^M} &= \frac{l_x^F}{l_x^F + l_x^M} = \frac{l_{x-1,t-1}^F - d_{x,t}^F - k_{x,t}^F}{l_{x-1,t-1}^F - d_{x,t}^F - k_{x,t}^F + l_{x-1,t-1}^M - d_{x,t}^M + k_{x,t}^F} \\
 k_{x,t}^F &= \underbrace{(l_{x-1,t-1}^F - d_{x,t}^F)}_{\text{n}^\circ \text{ de mujeres}} \underbrace{- \frac{IF_{x,t}^F}{IF_{x,t}^F + IF_{x,t}^M}}_{\text{proporción de}} \underbrace{\cdot (l_{x-1,t-1}^F - d_{x,t}^F + l_{x-1,t-1}^M - d_{x,t}^M)}_{\text{n}^\circ \text{ total de población}} \\
 &\quad \text{edad } x \text{ en el año } t \quad \text{mujeres en total de} \quad \text{edad } x \text{ en el año } t \\
 &\quad \text{(s/ liquidaciones)} \quad \text{pólizas} \quad \text{(s/ liquidaciones)}
 \end{aligned}$$

### 2.2.5. Asunciones e implicaciones de la tabla de vida dinámica

En base a la tabla de vida estática para la población de hombres y mujeres en España (INE 2011) y al factor de reducción de mortalidad (cálculo disponible en el Anexo 9.2) ha sido construida la tabla de vida dinámica unisex. La tabla considera los ajustes para el cambio de estructura de género de la cartera por la razón de la distinta tasa de liquidaciones (2.1.4). El propósito de incluir la reducción de mortalidad y el ajuste sobre el cambio de estructura de género es obtener unas primas unisex que reflejen más precisamente el riesgo del seguro.

Un ejemplo de la tabla de vida dinámica unisex para un individuo edad 40 está disponible en el Anexo (9.3).

### 2.3. El método de cálculo de primas, beneficios y reservas del contrato

Para el cálculo de las primas netas, beneficios y reservas, se asume que las primas son discretas, pagadas anualmente al principio de cada año de seguro. Además, se asume que los eventos asegurados, ya sean estos la diagnosis de cáncer, la muerte o la supervivencia, se realizan al final de cada año (o bien que el pago se realiza al final de cada año).

En base de las funciones complementarias se calcula los siguientes valores de  $A_{x:\bar{n}|}$ ,  $\ddot{a}_{x:\bar{n}|}$  y la prima neta anual  $P_{x:\bar{n}|}$  [7, 42]:

$$A_{x:\bar{n}|} = \frac{M_x^* - M_{x+n}^* + D_{x+n}^*}{D_x^*}$$

$$\ddot{a}_{x:\bar{n}|} = \frac{N_x^* - N_{x+n}^*}{D_x^*}$$

$$P_{x:\bar{n}|} = \frac{A_{x:\bar{n}|}}{\ddot{a}_{x:\bar{n}|}}$$

Las reservas matemáticas discretas al principio de cada año  $t$  para un individuo edad  $x$  y una póliza con duración de  $n$  años [7, 42]:

$${}_tV_x = A_{x+t:\overline{n-t}|} - P_{x:\bar{n}|} \cdot \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|}$$

Calculamos las primas brutas asumiendo que tienen que cubrir los siguientes costes: coste de riesgo actuarial (prima neta), margen para costes administrativos anuales ( $\alpha$ ) definidos en porcentaje de prima bruta anual, margen para costes de adquisición ( $\beta$ ) definidos en porcentaje de la prima anual del primer año y margen para costes del cobro de primas definidos en relación a la prima anual bruta ( $\gamma$ ):

$$G_{x:\bar{n}|} \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|} = \alpha \cdot G_{x:\bar{n}|} \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|} + \beta \cdot G_{x:\bar{n}|} + \gamma \cdot G_{x:\bar{n}|} \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|} + P_{x:\bar{n}|} \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|}$$

Considerando el requisito legal de igualdad de las primas para los dos géneros (*pricing unisex*), la fórmula para la prima bruta sería:

$$G_{x:\bar{n}|}^U \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|}^U = \alpha \cdot G_{x:\bar{n}|}^U \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|}^U + \beta \cdot G_{x:\bar{n}|}^U + \gamma \cdot G_{x:\bar{n}|}^U \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|}^U + P_{x:\bar{n}|}^U \cdot \ddot{a}_{x:\bar{n}|}^U$$

donde el subíndice “ $U$ ” se refiere a las funciones calculadas para la probabilidad de muerte  $q_x$  o diagnóstico de cáncer  $i_x$  representativo (medio) para los dos géneros,

utilizando una tabla de vida dinámica que considera el impacto de la disminución del riesgo de mortalidad a lo largo de periodo de cobertura y el cambio de estructura de género por razón de muerte o liquidación anticipada.

Últimamente, la prima bruta unisex la describimos mediante la fórmula:

$$G_{x:\bar{n}|}^U = \frac{P_{x:\bar{n}|}^U}{(1 - \alpha - \frac{\beta}{\ddot{a}_{x:\bar{n}|}^U} - \gamma)}$$

en donde encontramos el margen para cubrir los costes administrativos ( $\alpha$ ), el de adquisición ( $\beta$ ) o el de costes del cobro de primas ( $\gamma$ ), que están definidos en la Tabla 9 de Anexo.

En caso de liquidación anticipada del contrato, el asegurado tiene derecho al valor de la póliza (CV – *cash value*) que es un valor de la póliza definido en cada aniversario de la póliza e independiente del sexo. Se define como:

$${}_tCV_x^U = s \cdot ({}_tV_x^U - \beta \cdot G_{x:\bar{n}|}^U \cdot \frac{\ddot{a}_{x+t:\bar{n}-t|}^U}{\ddot{a}_{x:\bar{n}|}^U})$$

donde  $s$  es un coeficiente definido por la compañía; en este caso  $s=92,5\%$ . El coeficiente  $s < 100\%$  sirve como una fuente de beneficio para la compañía, pero también constituye una margen que procura que el valor de rescate sea superior a las provisiones técnicas o valor de mercado de los activos, valorados consistentemente al mercado bajo el régimen de Solvencia II. Este aspecto está explicado en más detalle en el apartado 3.3.

## 2.4. Análisis de primas brutas del producto

Las primas brutas unisex calculados en base a las tablas de vida estáticas y tablas de vida dinámicas están presentadas en el Anexo (9.4, Tabla 6).

El análisis de la diferencia entre el valor de factores de primas según el método de cálculo indica, que cuanto mayor es la edad de entrada y la duración, mayor es la diferencia entre primas calculadas bajo los dos tipos de tabla de vida. En razón de considerar una mayor proporción de mujeres cuyo riesgo de mortalidad sea menor en la cartera, en el caso de la tabla de mortalidad dinámica las primas de seguros resultantes son inferiores hasta en un 2,0%.

	<i>Duración del contrato</i>				
<i>Edad</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>30</i>
20	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%	-0.2%
25	0.0%	0.0%	-0.1%	-0.1%	-0.3%
30	0.0%	0.0%	-0.1%	-0.2%	-0.5%
35	0.0%	-0.1%	-0.2%	-0.4%	-0.8%
40	0.0%	-0.1%	-0.4%	-0.7%	-1.3%
45	-0.1%	-0.3%	-0.6%	-1.2%	-2.0%
50	-0.2%	-0.5%	-1.0%	-1.8%	
55	-0.3%	-0.8%	-1.6%		
60	-0.6%	-1.4%			
65	-1.0%				

**Tabla:** *Diferencia entre las primas brutas unisex calculadas para tabla dinámica e estática.*  
*Fuente: elaboración propia*

La diferencia entre las primas calculadas bajo los dos métodos de cálculo depende del tipo de producto y de las hipótesis sobre el impacto del género en las caídas de cartera. Si el riesgo único hubiese la supervivencia hasta una determinada edad en lugar de un seguro mixto de vida y supervivencia, las primas calculadas utilizando las tablas de vida dinámicas podrían estar superiores a las calculadas para la tabla de vida estática.

## **2.5. Asunciones del producto, económicas y sobre el comportamiento de la cartera**

En esta sección se resumen las hipótesis más importantes para el producto. Las asunciones económicas y del comportamiento de la cartera están disponibles en el Anexo (9.5, Tabla 7-8). A continuación, se explica el razonamiento para la adopción de las distintas hipótesis:

- Duración del producto – se considera una duración de entre 10 y 30 años.
- Edad de entrada y salida – se asume una edad mínima de entrada de 18 años. La edad máxima para la expiración del contrato es 75 años.
- Límites de primas y sumas aseguradas – en la práctica las compañías aseguradoras suelen establecer unos límites mínimos y a veces máximos para el nivel de primas y/o sumas aseguradas. En este estudio no se ignora este aspecto,

asumiendo que los tres niveles de prima mensual estudiados (100/200/300 Euros) cumplen los límites de volumen de póliza.

- Se asume que para el producto el único modo de pago de primas es mensual.
- Interés técnico – se asume un interés técnico del 1,20%. Esta tasa refleja el nivel de garantía de la compañía aseguradora pues es la tasa de interés utilizada para el cálculo de las primas del contrato. La tasa corresponde a los actuales niveles de rentabilidad de las obligaciones de 15 años del Estado (2016-08-05: 1,521%) [43].
- Tasa de retorno sobre activos – se asume una tasa técnica de retorno sobre activos (bonos) de un 1,50% anual para un contrato de 20 años y proporcionalmente a la duración del contrato superior (30 años: 2,25%) o inferior (10 años: 0,75%). Esta tasa se utiliza para calcular valor actual de los flujos de caja en el *profit testing*. Las obligaciones para el cálculo de provisiones técnicas (BEL+RM) y requisitos de capital de Solvencia II (SCR) están calculados con la curva libre de riesgo proporcionada por EIOPA, lo que está descrito en más detalle en el capítulo 3.
- Tasa de caídas de cartera – en la práctica las tasas de caídas suelen ser superiores en los primeros años de vida del contrato. Además, se asume que las tasas de liquidaciones para los hombres superan en un 20% a las tasas de liquidación de las pólizas vendidas a mujeres. En la práctica, no siempre tienen por qué existir tasas de liquidaciones distintas para cada género. La motivación para esta asunción es la de demostrar las posibles implicaciones que esta situación acarrearía.
- Costes asumidos del contrato (en el cálculo de primas) – Para el cálculo de primas brutas anuales se asume los siguientes márgenes de costes:

Coste de administración ( $\alpha$ ) = 5% de la prima bruta anual;

Coste de adquisición ( $\beta$ ) = 150% de la prima bruta inicial;

Coste de cobra de primas ( $\gamma$ ) = 2% de la prima bruta anual.

El nivel de costes asumidos no tiene ninguna relación con alguna compañía aseguradora concreta y tiene solamente un propósito ilustrativo. Los costes del contrato asumidos para el cálculo de primas brutas deberían corresponder a los costes actuales para un contrato medio (representativo).

- Costes del contrato actuales – para el *profit testing* se consideran los costes actuales del contrato detallados en el Anexo (apartado 9.5, Tabla 8).
- Estructura de género – se asume que en el momento  $t=0$  el porcentaje de mujeres que adquieren el contrato es al de hombres (50%/50%). Esta asunción sobre la estructura de género al inicio del contrato está reflejada en el cálculo de primas unisex. Durante la vida del contrato, ya sea tanto un distinto riesgo de muerte o riesgo de diagnóstico de cáncer como por una distinta tasa de liquidaciones para los géneros, la proporción de hombres/mujeres difiere del nivel asumido para el inicio del contrato ( $t=0$ ).
- Experiencia sobre el riesgo asegurado – se asume que la incidencia actual de la cartera respecto al riesgo de muerte se acerca a un 70% de la incidencia de muerte observada para la población y a un 90% de la incidencia de diagnóstico de cáncer de la población de España.

### 3. REQUISITOS DE CAPITAL SEGÚN SOLVENCIA II

#### 3.1. Valor en riesgo en Solvencia II

El valor en riesgo (*value at risk – VaR*) es una medida del riesgo que describe una posible pérdida para un nivel de probabilidad  $\alpha$  [40]. La definimos como:

$$VaR_{\alpha}(X) = \inf\{x \in R: F_X(x) \geq \alpha\}$$

donde  $F_X$  es una distribución de  $X$  (en este caso el  $X$  representa una función de beneficio o pérdida). Por lo tanto, el valor en riesgo representa el cuartil  $\alpha$  más bajo de la distribución de  $X$ .

La probabilidad de obtener un beneficio menor al valor en riesgo es igual a  $1-\alpha$  [6]. El  $VaR$  se centra en la cantidad de pérdida que puede ocurrir con definido nivel de probabilidad ( $\alpha$ ).

En otras palabras, el valor en riesgo se refiere al nivel de la pérdida para una probabilidad definida ( $\alpha$ ).  $VaR$  describe la pérdida mínima que ocurre en caso de  $100 \cdot (1 - \alpha)$  por ciento de peores escenarios para una cartera de pólizas. En otras palabras, el  $VaR$  corresponde a un capital mínimo requerido por una compañía durante el periodo de tiempo definido, para poder asumir una pérdida, que ocurra con la probabilidad de  $\alpha$  [40].

Las limitaciones [6] del valor en riesgo como una medida de riesgo global consisten en no tener en cuenta la magnitud de pérdida bajo el valor de  $VaR$  y la probabilidad de  $\alpha$ . El valor en riesgo solamente da respuesta sobre el valor de pérdida que ocurra con la probabilidad de  $\alpha$  pero no proporciona ninguna información sobre pérdidas para un nivel de probabilidad menor a  $\alpha$ . Otra limitación consiste en que el valor en riesgo se basa en solamente una pequeña cantidad de información. Por lo tanto, el valor en riesgo aun teniendo ventaja de simplicidad y facilidad de interpretación, debe estar acompañado con otras medidas de riesgo.

Los requisitos de capital de solvencia (SCR) bajo Solvencia II, bien en caso de formula estándar o el modelo interno propio validado por el supervisor, están basados en el concepto de valor en riesgo aplicado a los fondos propios y calibrados para un nivel de confianza de 99,5% y el periodo de observación de 1 año [28]. Entonces,

podemos definir el SCR como el capital mínimo requerido para mantener una compañía solvente durante 1 año, incluso para el peor de los años esperados cada 200 años, con una probabilidad de 0,995. Este objetivo de calibración está aplicado a cada módulo e sub-módulo de riesgo del SCR.

En contraste al valor en riesgo, los requisitos de capital de solvencia bajo Solvencia II consideran una amplia cantidad de información sobre posible comportamiento de la cartera de seguros por lo que el SCR puede proporcionar una respuesta sobre los requisitos de capital más adecuada.

### **3.2. Valoración de fondos propios bajo el régimen de Solvencia II**

Uno de los principios generales de solvencia [51] es que una entidad aseguradora debe mantener Activos suficientes para cubrir sus obligaciones (los Pasivos). En el régimen de Solvencia II, el lado de Activos viene representado por el valor de mercado de activos (VMA) [55]. Los activos tienen que ser valorados conforme al mercado y corresponder con la realidad. Valoración conforme al mercado (*market consistent valuation*) apuesta por valorar las cosas como las valoraría una parte que estuviese intentando venderlas, o pensando en comprarlas [56].

El pasivo del asegurador viene representado por el valor de mercado de pasivos (VMPT) y Fondos propios. Los Fondos propios corresponden a un margen de solvencia (*solvency capital requirements – SCR*) y Patrimonio libre. El valor de mercado de pasivos (VMPT) consiste en la suma de dos elementos claves:

- la mejor estimación (*best estimate liability – BEL*);
- el margen de riesgo (*risk margin – RM*).

El valor de mercado de pasivos (VMPT) reemplaza el cálculo de las anteriores provisiones matemáticas (clásicas).

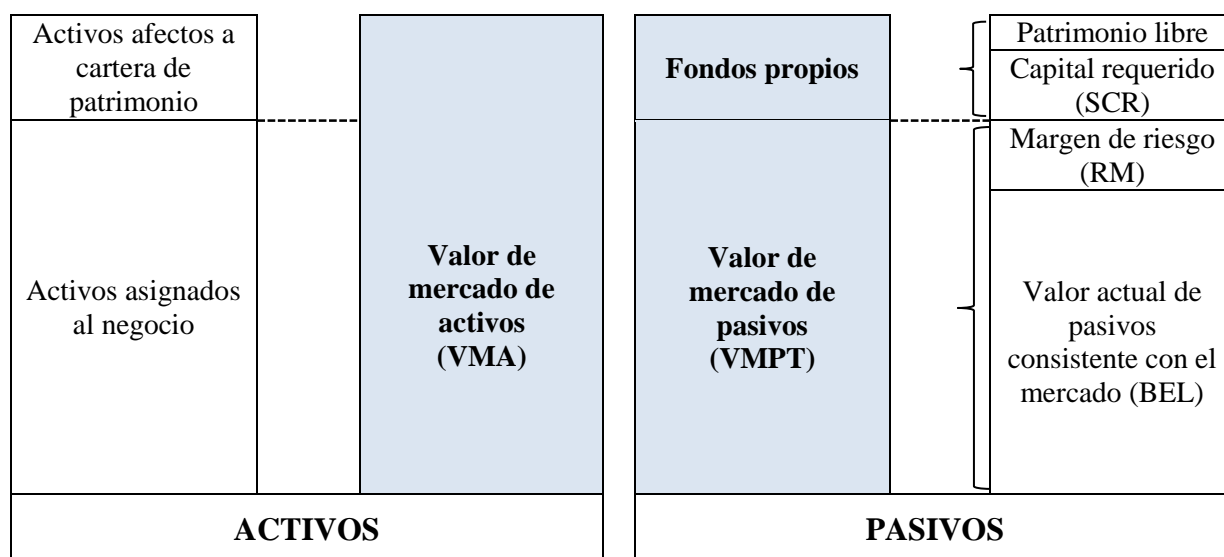
La mejor estimación (BEL) se define como el promedio de las probabilidades ponderadas de los flujos de caja futuros actualizados utilizando la estructura de tipos de interés libre de riesgo. El BEL se calcula en base de hipótesis realistas (*best estimate assumptions*) y utilizando modelos deterministas o estocásticos, siempre que existan opciones y garantías que reflejen un comportamiento asimétrico ante escenarios económicos [31].

El margen de riesgo (RM) se define como el margen sobre el valor actual de pasivos (BEL), que sería requerido por un tercero para aceptar la transferencia de estos pasivos [31]. El valor de mercado de pasivos al incluir el margen de riesgo, hace referencia al concepto contable de *fair value* [40] de las obligaciones, que es el precio requerido por un tercero – experto por asumir estas obligaciones al tiempo de esta valoración.

Los riesgos que se consideran en el cálculo de margen de riesgo son los no diversificables y se refieren a los riesgos de seguros tales como fallecimiento o invalidez, longevidad (en productos expuestos, sobre todo con rentas), caídas de cartera, gastos, riesgo operacional. Se aplica un coste de capital de 6,0% sobre los valores agregados de capital requerido (SCR), correspondientes a mencionados tipos de riesgo, actualizados a la tasa libre de riesgo.

El capital requerido bajo Solvencia II (SCR) se calcula generalmente “estresando” el activo y el pasivo a valor de mercado teniendo en cuenta los riesgos potenciales del negocio [31]. El método de cálculo de SCR viene descrito a continuación, en el subcapítulo 3.4.

El siguiente esquema presenta la estructura de balance de Solvencia II:



**Gráfico:** Estructura de Activos y Pasivos en regimen de Solvencia II.  
Elaboración propia en base de [31]

### 3.3. Consideraciones sobre productos de larga duración en régimen de Solvencia II

Los contratos de larga duración, debido a las garantías que incluyen, están expuestos en una mayor medida tanto a riesgos financieros como a riesgos biométricos. Los riesgos financieros se refieren sobre todo a la adecuada valoración, *matching* de activos y pasivos y al riesgo de contraparte. Los riesgos biométricos se refieren a la incertidumbre sobre volatilidad o posibles cambios de nivel o tendencia de la tasa de mortalidad o morbilidad, que puedan producir una pérdida o modificación adversa del valor de los compromisos contraídos en virtud de estos contratos de seguro.

Bajo el régimen de Solvencia II y el principio de valoración consistente con el mercado, los activos y los pasivos se valoran a mercado, descontando los flujos futuros con la curva libre de riesgo. Por esta razón, si los tipos de interés garantizados al tomador están por encima de la curva *swap* al plazo de inversión, se pueden producir pérdidas y mayores necesidades de provisiones matemáticas [31]. En caso de los productos de seguro de vida de larga duración con un valor de póliza, esto se refiere al beneficio pagado en caso de rescate que no debería superar tanto la provisión matemática como el valor de mercado de los activos que cubren las obligaciones contraídas en virtud de este contrato de seguro. Además, los intereses acreditados al cliente durante el periodo de seguro por los beneficios obtenidos en inversiones de activos (*profit sharing*) no deberían superar a la curva libre de riesgo. En este aspecto se tiene que considerar posible asimetría en distribución de beneficios al cliente que consiste en la práctica habitual en distribuir las ganancias si en un periodo  $t$  (un año de inversión) se obtiene un rendimiento superior al garantizado, pero no se suele distribuir las pérdidas de inversión de activos de periodos  $t-1$  o  $t+1$ . Por estas razones, el valor final de las obligaciones puede superar el valor de los activos. Si esto ocurre, se tienen que aprobar las medidas complementarias que permitan valorar el pasivo por encima de la curva libre de riesgo.

Otro aspecto importante es que los flujos de activo y de pasivo tienen que estar macheados (riesgo de *mismatching* entre el activo y el pasivo), cumpliendo los criterios del reglamento. Dado que se trata de las obligaciones de larga duración, otro riesgo importante que se produce es el riesgo de contraparte en derivados financieros (riesgo

de *default* de los activos) o bien riesgo de contraparte de reasegurador, por lo que fallan las medidas de la mitigación de riesgo de seguro.

En cuanto al riesgo biométrico, los productos de larga duración están expuestos a volatilidad de nivel o cambio de tendencia de las tasas de mortalidad y morbilidad asumidas, lo que impacta en el valor de las obligaciones relacionadas con estos contratos de seguros. A la vez, los productos de larga duración contienen garantías, tales como la garantía de valor de prima a lo largo del periodo de seguro o garantía de valor de beneficio al vencimiento del contrato. El hecho de incluir la garantía de prima o valor al vencimiento implica que la compañía aseguradora no puede transferir parte de pérdida relacionada con un adverso cambio de sus asunciones biométricas al asegurado, incrementando el valor de la prima de seguro o disminuyendo el valor de pago al vencimiento. Sin embargo, tiene que cumplir todas sus obligaciones frente al asegurado.

Un caso particular relacionado al riesgo biométrico se refiere al riesgo catastrófico. Por la razón de creciente concentración territorial de las poblaciones se observa una tendencia creciente de la incidencia [12]. Sin embargo, por la razón de poca frecuencia de casos y su naturaleza, este riesgo es muy difícil de medir y modelizar.

Por último, el riesgo biométrico puede ser muy grave en caso de las carteras de seguro pequeñas, expuestas a la volatilidad de nivel de las tasas de mortalidad o morbilidad o cambio de estructura de género (en caso de primas *unisex*). Si no se puede incrementar el número de individuos en la cartera de un seguro para diversificar el riesgo dentro de la cartera, una posible solución para mitigar este riesgo consiste en el reaseguro. El riesgo biométrico que resulta de cambio de tendencia de tasas de mortalidad o morbilidad puede ser más difícil de mitigar, por lo que tiene gran importancia uno de los principios de Solvencia II de valorar los pasivos lo más adecuadamente posible. Se permite la aplicación de técnicas de pronóstico que permiten un cálculo más preciso de las provisiones técnicas (BEL+RM) o incluso los requisitos de capital (SCR) mediante modelos internos de Solvencia II.

### 3.4. Coste de capital y tipos de descuento

El coste de capital se define como el coste de oportunidad que ocurre para un capital bajo el riesgo  $C_t$  [40]. Para una tasa de interés de  $s_t + k_t$ , donde el  $s_t$  refleja a la tasa de interés libre de riesgo y la tasa  $k_t$  (*spread*) refleja el coste de la posible pérdida:

- cuando mayor el riesgo de pérdida de una parte de capital, se aumenta también el *spread* ( $k_t$ )
- si el riesgo de la pérdida no está presente, el coste de capital se reduce a la tasa de interés libre de riesgo ( $s_t$ ).

La tasa libre de riesgo  $s_t$  refleja a una tasa de interés para una inversión sin incertidumbre y sin el riesgo, por lo que un inversor no requiere ninguna prima como recompensación por el riesgo de inversión.

En los cálculos del valor actual consistente con el mercado (*best estimate liability* – BEL) y otras estimaciones de valores actuales empleados en el cálculo de capital de solvencia (*solvency capital requirements* – SCR) se utiliza una curva libre de riesgo definida separadamente para cada moneda. En caso de España, se utiliza una curva de tipos spot mensuales para el Euro. El principal objetivo es seguir la Directiva de Omnibus II y mantener el cálculo de las provisiones técnicas consistente con la valoración de mercado (*market consistent valuation*), prudente, transparente y replicable [30].

La curva de tipos spot se refiere a la rentabilidad de una inversión del bono cupón cero que se empieza hoy y dura  $n$  años [35]. Durante el periodo de inversión el inversor no obtiene ningún beneficio adicional y al vencimiento del bono se paga el valor nominal del bono. La tasa de interés correspondiente a un año  $t$  de inversión del bono cupón cero se llama la curva de tipos forward ( $\hat{r}$ ). Asumiendo la capitalización continua durante el periodo de inversión [35], en base de la curva de tipos spot  $r$  y  $r^*$  para los periodos  $T$  y  $T^*$ , donde  $T^* > T$ , se obtiene valores de la curva de tipos forward  $\hat{r}$ :

$$\hat{r} = \frac{r^{*T^*} - r^T}{T^* - T}$$

En caso de capitalización periódica, el tipo de interés forward se obtiene de la fórmula:

$$\hat{r}_t = \frac{(1 + r_{t+1})^{t+1}}{(1 + r_t)^t} - 1$$

Dado que la modelización de los flujos de caja se realiza mensualmente, en el cálculo del valor actual de las obligaciones (BEL) y el capital de solvencia se aplica capitalización mensual. La curva de tipos spot proporcionada por EIOPA sirve como base para calcular el tipo de descuento mensual, que es la curva de tipos forward.

En la práctica, la curva de tipos spot para una moneda no siempre está completa, es decir, para algunos periodos  $t$  faltan las observaciones de los bonos líquidos por lo que es necesaria una interpolación de los tipos de interés o bien, fuera del horizonte temporal de duración de los bonos líquidos (*last liquid point* – LPP) es necesario extrapolar los tipos de interés. El método de interpolación o extrapolación de los tipos de interés previsto y recomendado por EIOPA [26, 30] es el método de Smith-Wilson. El método consiste en un ajuste de la curva de tipos spot a los datos macroeconómicos para las inversiones a largo plazo. Las curvas de tipos spot proporcionados por EIOPA para las compañías del mercado ya incluyen este ajuste.

El último punto líquido (*last liquid point* – LPP) y el periodo de convergencia (*convergence period*) se basan en las conclusiones de la Directiva de Omnibus II. Para el Euro se asume un periodo de convergencia igual a 40 años y el último punto líquido de 20 años, por lo que el punto de convergencia está en  $40+20=60$  años. Para otras monedas se asume que el periodo de convergencia es el máximo de 40 años y  $(60 - \text{LPP})$  años.

### **3.5. Requisitos de capital de acuerdo a la fórmula estándar de Solvencia II**

#### **3.5.1. Requerimiento mínimo de capital (MCR)**

Los requerimientos mínimos de capital [21 – *art. 129*] se refieren al nivel de fondos propios por debajo del cual la entidad aseguradora debe cesar su actividad. Los definimos como el máximo de capital mínimo obligatorio y el mínimo absoluto.

El capital mínimo obligatorio es el máximo de:

- el 25% del capital de solvencia obligatorio (SCR)
- el MCR lineal, que en caso de las entidades aseguradoras de vida es el resultado de multiplicar las provisiones técnicas y capital en riesgo por factores provistos en las normas.

Además, el capital mínimo obligatorio no excederá el 45% del capital de solvencia obligatorio (SCR) de la empresa.

El mínimo absoluto está compuesto por las cantidades citadas en el artículo 129.1.d de la Directiva Solvencia II (3.2 millones en caso de las entidades de vida y reaseguro).

### 3.5.2. Capital de solvencia (SCR)

Los requisitos de capital de solvencia definimos como la suma de los siguientes tres elementos [27, 29]:

$$SCR = BSCR + Adj + SCR_{op},$$

dónde:

BSCR – capital de solvencia básico

*Adj* – ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de las provisiones técnicas y los impuestos diferidos

$SCR_{op}$  – requisitos de capital por el riesgo operacional

El capital de solvencia básico (BSCR) está formado por varios sub-módulos y viene descrito en detalle en el siguiente capítulo (3.4.3).

El ajuste (*Adj*) refleja la suma de dos componentes:

$$Adj = Adj_{TP} + Adj_{DT},$$

dónde:

$Adj_{TP}$  – ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de las provisiones técnicas

$Adj_{DT}$  – ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de los impuestos diferidos

El importe del ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de las provisiones técnicas y los impuestos diferidos que se refiere el artículo 108 de la Directiva 2009/138/CE [21], debe garantizar que no se produzca una doble contabilización del efecto de reducción del riesgo generado por futuras prestaciones discretionales o impuestos diferidos [48 – anotación (68)].

Calculando el ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de las provisiones técnicas, se asume que el ajuste no puede superar valor total de las provisiones técnicas sin margen de riesgo en relación a los beneficios futuros (FDB):

$$Adj_{TP} = -\max(\min(BSCR - nBSCR, FDB); 0)$$

El ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de los impuestos diferidos debe corresponder al cambio de valor de los impuestos diferidos resultante de una instantánea pérdida de valor igual a:

$$SCR_{shock} = BSCR + Adj_{TP} + SCR_{op}$$

En este estudio se ignora estos ajustes por asumir el modelo simplificado y una tasa de impuestos = 0%. Esto indica que el valor de SCR puede estar más alto de lo imprescindible.

El último de los tres componentes de los requisitos de capital (SCR) – los requisitos de capital para el riesgo operacional ( $SCR_{op}$ ) – se calculan mediante la fórmula:

$$SCR_{op} = \min(0.3 \cdot BSCR; Op) + 0.25 \cdot Exp_{ul}$$

dónde:

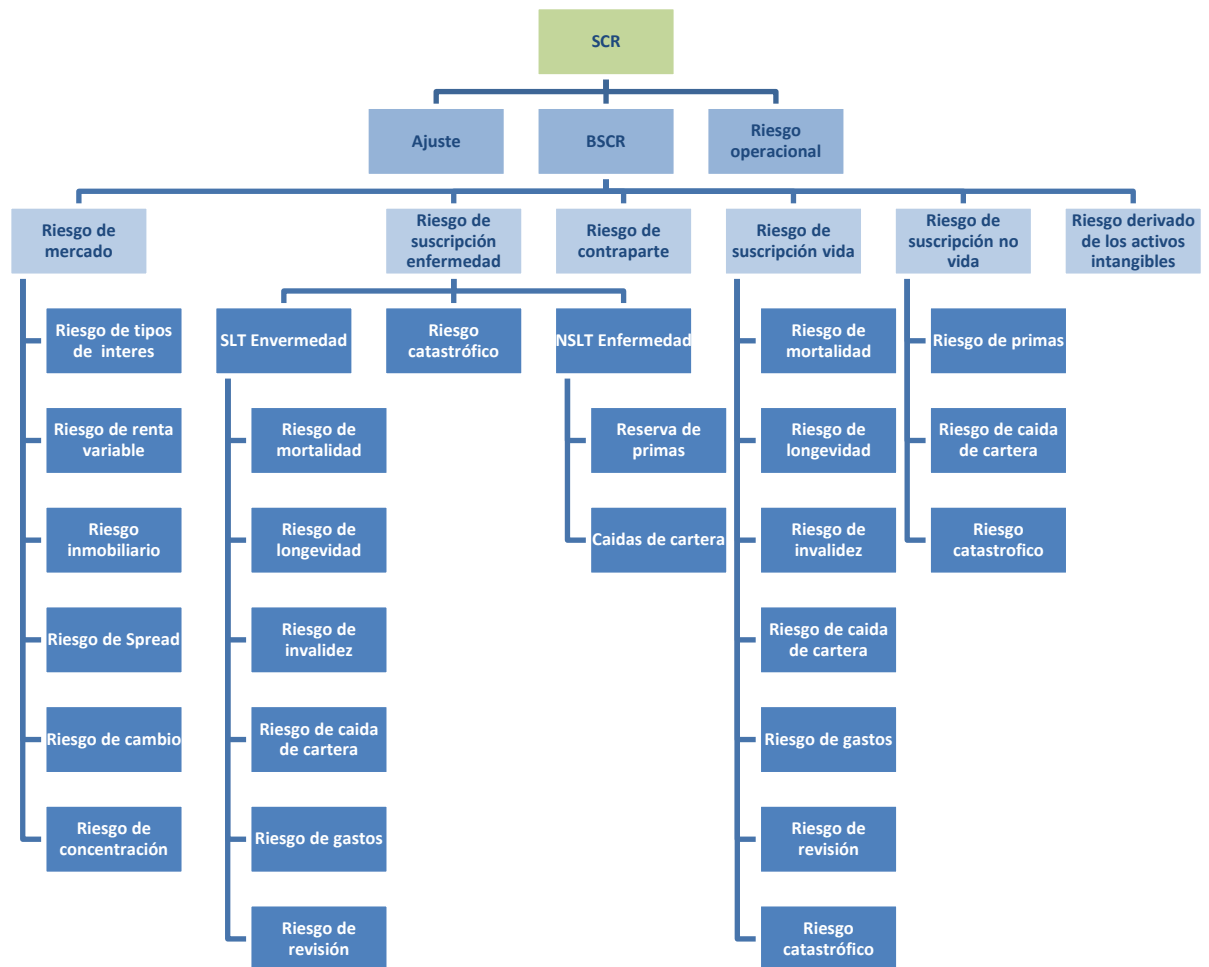
$$Op = \max(Op_{premiums}; Op_{provisions})$$

$$Op_{premiums} = 0.04 \cdot (Earn_{life} - Earn_{life-ul}) + 0.03 \cdot Earn_{nonlife} + 0.04 \cdot \max(0; Earn_{life} - Earn_{life-ul} - 1.2 \cdot (pEarn_{life} - pEarn_{life-ul})) + 0.03 \cdot \max(0; Earn_{nonlife} - 1.2 \cdot pEarn_{nonlife})$$

$$Op_{provisions} = 0.0045 \cdot \max(0; TP_{life} - TP_{life-ul}) + 0.03 \cdot \max(0; TP_{non-life}).$$

En relación al riesgo operacional resulta importante destacar, que este riesgo se refiere a todos tipos de errores y problemas de gestión que pueden ocurrir y por lo tanto es muy difícil de medir. Los casos de alta frecuencia y baja gravedad pueden estar registrados y medidos por lo que pueden estar modelizados dentro de modelos específicos. Los casos de baja frecuencia y alta gravedad son muy difíciles de pronosticar [4].

A continuación y como una introducción al siguiente sub-capítulo se presenta una representación gráfica de los módulos y sub-módulos del SCR[27, 29]:



**Esquema:** Los módulos y sub-módulos del SCR  
 Elaboración propia en base de [27, 29]

### 3.5.3. El capital de solvencia básico (BSCR)

El capital de solvencia básico (BSCR) se calcula en base de los siguientes seis sub-módulos [27, 29]:

$SCR_{mkt}$  – requisitos de capital por el riesgo de mercado

$SCR_{def}$  – requisitos de capital por el riesgo de contraparte

$SCR_{life}$  – requisitos de capital por el riesgo de suscripción vida

$SCR_{nl}$  – requisitos de capital por el riesgo de suscripción no vida

$SCR_{health}$  – requisitos de capital por el riesgo de suscripción enfermedad

$SCR_{intangibles}$  – requisitos de capital por el riesgo derivado de los activos intangibles

Los requisitos de capital calculados para cada de los seis sub-módulos (i) se juntan en la siguiente fórmula para calcular el BSCR [27, 29]:

$$BSCR = \sqrt{\sum_{ij} Corr_{ij} \cdot SCR_i \cdot SCR_j + SCR_{intangibles}}$$

dónde:

$Corr_{ij}$  – coeficientes de correlación de la matriz de correlación

$SCR_i, SCR_j$  – requisitos de capital por el riesgo i, j

$SCR_{intangibles}$  – requisitos de capital por el riesgo derivado de los activos intangibles

El factor  $Corr_{i,j}$  se refiere a la siguiente matriz de correlación entre los riesgos i, j:

<i>i, j</i>	<i>mkt</i>	<i>def</i>	<i>life</i>	<i>salud</i>	<i>nl</i>
<i>mkt</i> (riesgo de mercado)	1,00				
<i>def</i> (riesgo de contraparte)	0,25	1,00			
<i>life</i> (riesgo de suscripción vida)	0,25	0,25	1,00		
<i>salud</i> (riesgo de suscripción enfermedad)	0,25	0,25	0,25	1,00	
<i>nl</i> (riesgo de suscripción no vida)	0,25	0,50	0,00	0,00	1,00

### 3.5.3.1. Los requisitos de capital por el riesgo de mercado

El módulo de riesgo de mercado describe el riesgo derivado del nivel o de la volatilidad de los precios de mercado de los instrumentos financieros que influyan en el valor de los activos y pasivos de la empresa [21 – art. 105.5]. Estos instrumentos financieros pueden ser bien los títulos de renta fija, como acciones o inmuebles. Dentro de este módulo [48 – sec. 5] se trata de cuantificar los requisitos de capital (SCR) que una empresa aseguradora tiene que tener disponible para cubrir pérdidas relacionadas con el cambio de valor de instrumentos financieros (activos), por debajo de un determinado nivel de confianza (99,5%)

Los requisitos de capital por el riesgo de mercado ( $SCR_{mkt}$ ) se definen como una combinación de los capitales obligatorios correspondientes a riesgo de tipo de interés, riesgo de acciones, riesgo inmobiliario, riesgo diferencial, riesgo de divisa y concentraciones de riesgo de mercado [27, 29]:

$$SCR_{mkt} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrMkt_{r,c} \cdot Mkt_r \cdot Mkt_c}$$

dónde:

$CorrMkt_{r,c}$  – coeficientes de correlación de matriz  $CorrMkt$  para riesgos  $r$  y  $c$

$Mkt_r, Mkt_c$  – capital requerido por riesgos  $r, c$  de mercado

Se aplica la siguiente matriz de correlación  $CorrMkt$  para los riesgos  $r, c$ , asumiendo que todos los riesgos no se van a materializar a la vez:

$r, c$	<i>int</i>	<i>eq</i>	<i>prop</i>	<i>sp</i>	<i>fx</i>	<i>conc</i>
<i>int</i> (riesgo de tipo de interés)	1,00					
<i>eq</i> (riesgo de acciones)	A	1,00				
<i>prop</i> (riesgo inmobiliario)	A	0,75	1,00			
<i>sp</i> (riesgo diferencial)	A	0,75	0,50	1,00		
<i>fx</i> (riesgo de divisa)	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	
<i>conc</i> (riesgo de concentración)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

El valor del coeficiente A es igual a 0 cuando los requisitos de capital se determinan para el escenario de subida de las tasas de interés. En caso contrario se asume que el coeficiente A es igual a 0,5.

En este estudio se asume como una simplificación que el riesgo de mercado se reduce al riesgo de tipos de interés, que suele ser el riesgo más pronunciado e importante para los productos de seguro de vida de larga duración, parecidos al producto estudiado, en los que el tomador (asegurado) no asume el riesgo de inversión. La razón es que las garantías incluidas en el producto, tales como la garantía del mismo precio de seguro durante el periodo de cobertura, garantía de pago de beneficio en caso de muerte, enfermedad o supervivencia, requieren mantener unas provisiones técnicas que tienen que estar cubiertas con unos instrumentos que en términos de riesgo de inversión y rentabilidad permiten realizar estas obligaciones. Estos instrumentos suelen ser los activos de renta fija y sobre todo – los bonos del estado.

Dentro del sub-módulo de riesgo de tipo de interés las entidades aseguradoras calculan 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 [21 – art. 105.5]. Se trata de calcular el valor actual de activos de renta fija a los tres escenarios: un escenario base, un escenario de subida y otro escenario de bajada de tipos de interés. En los plazos más cortos, el shock es del

70% al alza, y del 75% a la baja [48 – *art. 166-167*]. Los niveles de shock disminuyen para periodos más largos, hasta un nivel del 20% para el horizonte más largo (90 años).

La calibración del riesgo de tipo de interés a más largo plazo debe reflejar el hecho de que el tipo de interés a plazo último hacia el que converge la estructura temporal de tipos de interés sin riesgo es estable a lo largo del tiempo y solo cambia debido a modificaciones de las previsiones a largo plazo [48 – *anotación (56)*].

Este estudio considera el método de cálculo de valor de la tasa libre de riesgo bajo el escenario de subida y bajada propuesto en la formula estándar. Sin embargo, resulta importante mencionar, que existen también métodos alternativos para derivar el capital requerido de este sub-modulo [55]:

- método basado en la volatilidad de las diferencias logarítmicas de los tipos de la curva libre de riesgo – requiere el cálculo de un coeficiente de volatilidad (*dt diflog*) de la curva libre de riesgo en base a diferencias logarítmicas de los tipos de interés mensuales. Las curvas de tipos estresadas se obtienen multiplicando la curva libre de riesgo por  $e^{2,58 \cdot dt diflog}$  para el riesgo de subida o por  $e^{-2,58 \cdot dt diflog}$  para el riesgo de bajada de tipos de interés.
- método basado en la volatilidad de las diferencias de los tipos de la curva libre de riesgo – un método parecido al anterior pero basado en el la volatilidad de las diferencias de los tipos de interés.
- método basado en el modelo de Hull y White – requiere el uso de Generador de Escenarios Estocásticos (ESG – *Economic Scenario Generator*); se realiza 10.000 de simulaciones de la curva libre de riesgo para el periodo de un año y se selecciona una curva que corresponde al 99,5 percentil.
- método basado en un Análisis de Componentes Principales – esta técnica parece ser la más utilizada en modelos internos de Solvencia II; asume que los tipos de interés siguen una distribución normal, lo que permite obtener resultados para cada de los componentes (tipos de interés) al 99,5 percentil.

### 3.5.3.2. Los requisitos de capital por el riesgo de contraparte

Los requisitos de capital por el riesgo de contraparte ( $SCR_{def}$ ) se refieren al riesgo de fallido de la contraparte en contratos de mitigaciones de riesgo. Este riesgo contiene por lo tanto dos sub-riesgos: riesgo de contraparte en reaseguro y riesgo de contraparte en derivados financieros [55].

En este estudio por la razón de simplificación se ignora este riesgo, asumiendo que  $SCR_{def} = 0$ .

### 3.5.3.3. Los requisitos de capital por el riesgo de suscripción del seguro de vida

El módulo de riesgo de suscripción del seguro de vida refleja el riesgo derivado de las obligaciones de seguro de vida, relacionados con pérdida o modificación adversa del valor de los compromisos contraídos en virtud de los seguros, debido a variaciones en el nivel, la tendencia o la volatilidad de los siguientes fenómenos descritos dentro de los sub-módulos [21 – art. 105.3]:

- riesgo de mortalidad – relacionado con el aumento de la tasa de mortalidad. El cálculo de los requisitos de capital se basa en calcular el impacto sobre valor de pasivos al momento  $t$  del desplazamiento permanente del 15% en la mortalidad para cada cohorte de los asegurados:

$$q'_{x,t} = 115\% \cdot q_{x,t}$$

- riesgo de longevidad – relacionado con el descenso de la tasa de mortalidad. El cálculo de los requisitos de capital consiste en calcular el impacto sobre valor de pasivos al momento  $t$  del descenso de la mortalidad, de carácter permanente, del 20% en cada cohorte:

$$q'_{x,t} = 80\% \cdot q_{x,t}$$

- riesgo de discapacidad y morbilidad – relacionado con variaciones en el nivel, la tendencia o la volatilidad de las tasas de invalidez, enfermedad y morbilidad. El shock constituye en combinación de las hipótesis:
  - un aumento del 35% de los ratios de invalidez en el año  $t$ , combinado con un aumento permanente del 25% en cada cohorte:

$$i'_{x,t} = 135\% \cdot i_{x,t}$$

$$i'_{x,k} = 125\% \cdot i_{x,k}, \text{ para cada } k > t.$$

El estrés combina tanto la producción de un hecho inusual como un desplazamiento permanente de la invalidez [56].

- un descenso permanente del 20% en la tasa de recuperaciones (en caso del producto estudiado se ignora esta hipótesis dado que el seguro ofrece un pago único que termina el contrato).
- riesgo de gastos en el seguro de vida – relacionado con variaciones en el nivel, la tendencia o la volatilidad de los gastos de ejecución de los contratos de seguro o de reaseguro. El cálculo de los requisitos de capital considera el aumento del 10% de los gastos previstos y un desplazamiento permanente del 1% de la inflación estimada futura para dichos gastos. El riesgo de gastos trata de estimar las consecuencias sobre los pasivos de que los gastos reales no sean los previstos [56].
- riesgo de revisión – relacionado con variaciones en el nivel, la tendencia o la volatilidad de las tasas de revisión aplicables a las prestaciones en forma de renta, debido a modificaciones de la legislación o variaciones en el estado de salud de la persona asegurada. En este estudio se ignora este riesgo dado que no está presente en el producto estudiado.
- riesgo de reducción – relacionado con variaciones en el nivel o la volatilidad de las tasas de discontinuidad, cancelación, renovación y rescate de las pólizas. El cálculo de los requisitos de capital tiene en cuenta la más dañosa en términos del aumento de pasivos de las tres hipótesis:
  1. un aumento instantáneo permanente de las tasas de rescates previstas, en un 50%; la tasa incrementada no puede superar un 100%.
  2. una disminución instantáneo permanente de las tasas de rescates previstas, en un 50%; la disminución de la tasa de rescates no puede superar un 20%.
  3. un rescate masivo de 40% en el año  $t$ .
- riesgo de catástrofe en los seguros de vida – relacionado con una notable incertidumbre en las hipótesis de tarificación y constitución de provisiones correspondientes a sucesos extremos o extraordinarios. Se refiere tanto a casos naturales tales como terremotos o inundaciones y a casos producidos por el

hombre (terrorismo) [12]. El cálculo de los requisitos de capital se refiere a un aumento de 1,5 por mil de la tasa de mortalidad en el año  $t$ :

$$q'_{x,t} = q_{x,t} + 1,5\text{‰}.$$

Los requisitos de capital por el riesgo de suscripción vida ( $SCR_{life}$ ) se calcula como una suma de los sub-módulos de riesgo.

#### **3.5.3.4. Los requisitos de capital por el riesgo de suscripción del seguro no vida**

En este estudio por la naturaleza del producto estudiado (un seguro de vida) se ignora el riesgo de suscripción no vida riesgo, asumiendo que  $SCR_{nl} = 0$ .

#### **3.5.3.5. Los requisitos de capital por el riesgo de suscripción del seguro de enfermedad**

El sub-módulo refleja el riesgo que se derive de las obligaciones resultantes de la suscripción de contratos del seguro de enfermedad [21 – art. 105.4]. Tiene una estructura parecida al sub-módulo de riesgo de suscripción de vida. En este estudio, dado que el riesgo de diagnóstico del cáncer acelera el pago del principal beneficio del contrato, forma una parte inseparable del contrato de seguro con una prima única (no es un contrato complementario), se lo modeliza dentro del sub-módulo de seguro de vida, por lo que se ignora el riesgo de suscripción de seguro de enfermedad, asumiendo que  $SCR_{health} = 0$ .

#### **3.5.3.6. Los requisitos de capital por el riesgo derivado de los activos intangibles**

Los requisitos de capital por el riesgo derivado de los activos intangibles ( $SCR_{intangibles}$ ) calculamos como [27, 29]:

$$SCR_{intangible} = 0.8 \cdot IA$$

En este estudio por la razón de simplificación se ignora este riesgo.

### 3.6. Principales asunciones estadísticas de la fórmula estándar de Solvencia II

La calibración de los requisitos de capital de Solvencia II (SCR) mediante la fórmula estándar fue realizada en base de varios estudios de mercado asegurador y se basa en las siguientes asunciones [28]:

- distribución normal: normalidad de las funciones de distribución de riesgos que intervienen en el cálculo de SCR;
- VaR<sub>α</sub>: calibración de SCR en base de VaR<sub>α</sub> para un nivel de confianza de 1-α=99,5% y el periodo de 12 meses (1 año), se lleva a cabo en nivel de cada módulo y sub-módulo de la fórmula de SCR;
- correlaciones lineales: agregación de los requisitos de capital (SCR) de varios módulos y sub-módulos tiene en cuenta el efecto de diversificación de riesgo mediante matrices de correlaciones; se asume que las correlaciones lineales describen bien todas las correlaciones entre variables.

En práctica se observa que varias funciones de distribución de riesgos pueden tener una distribución distinta a la normal. Esto se relaciona sobre todo con la asimetría de las distribuciones de los riesgos financieros o biométricos, o bien con el hecho de que estos riesgos pueden estar truncados por el posible *hedging* o el reaseguro. Sin embargo, las funciones de distribución de riesgos pueden ser distintas para varias compañías aseguradoras por lo que se asume que son desconocidas.

Una justificación para la calibración de la fórmula estándar utilizando como una aproximación la distribución normal puede proporcionar el teorema de límite central [47]. Si SCR supone una suma de  $k$  (por lo menos  $k > 30$ ) variables aleatorias independientes, de varianza finita y no nula entonces la distribución de suma de estas  $k$  variables (SCR) se aproxima bien con una distribución normal:  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , donde:

$$\begin{aligned}\mu &= E(X) = nxp, \\ \sigma &= \sqrt{Var(X)} = x\sqrt{np(1-p)}.\end{aligned}$$

Otro argumento para justificar la asunción sobre distribución normal de riesgos que intervienen en la fórmula estándar de SCR, proporciona la función generadora de cumulantes de la distribución normal [40]. Para una variable aleatoria  $X$  con función característica  $\phi_X$ , la función de cumulantes de  $X$  describimos mediante la fórmula:

$$\kappa_X(t) = \log(\phi_X(t)) = \mu + \sigma^2 \cdot \frac{t^2}{2!} + \kappa_3 \cdot \frac{t^3}{3!} + \kappa_4 \cdot \frac{t^4}{4!} + \dots$$

donde cumulante de orden 1 ( $\mu$ ) es el valor esperado, cumulante de orden 2 ( $\sigma^2$ ) es varianza y  $\kappa_3, \kappa_4$  corresponden a cumulantes de ordenes más altos.

La función generadora de cumulantes es única para cada distribución. La distribución normal tiene la siguiente función generadora de cumulantes:

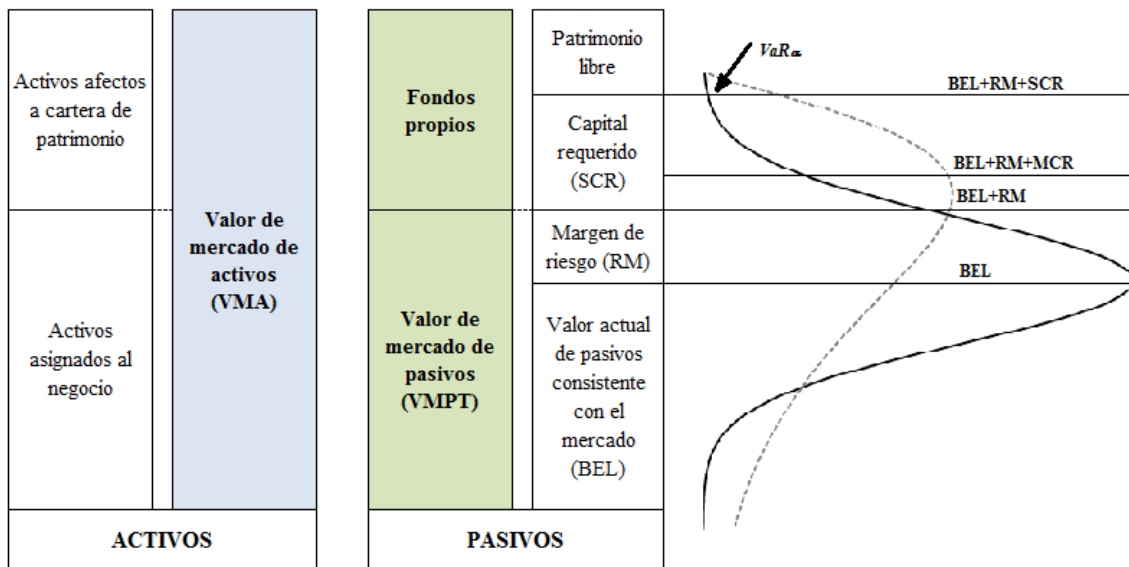
$$\kappa_X(t) = \mu + \sigma^2 \cdot \frac{t^2}{2}$$

con todos los cumulantes de ordenes más altos igual a zero. Por esta razón, se puede entender la distribución normal como una aproximación de primer orden de una distribución desconocida (*first order approximation*).

Si las funciones de distribución de riesgos que intervienen en el cálculo de los requisitos de capital de solvencia son normales:  $N(\mu, \sigma^2)$  entonces la mejor estimación (BEL) corresponde con la media ( $\mu$ ) o valor esperado  $E(X)$  de una distribución variable aleatoria  $X$ .

Los requisitos de capital de solvencia (SCR) para el periodo de observación de 12 meses (1 año) corresponden al *valor en riesgo* ( $VaR_\alpha$ ), obtenido para la distribución  $F_X$  y un nivel de confianza de  $1-\alpha= 99,5\%$ . Se supone una calibración del  $VaR$  se realiza en nivel de cada módulo de fórmula estándar (sub-capítulo 4.5.2). El efecto de diversificación de riesgo obtenido al agregar los requisitos de capital de solvencia de varios módulos se incluye mediante los coeficientes de correlación (sub-capítulo 4.5.3), que deberían describir las relaciones entre variables en sus colas de la distribución y tener en cuenta la estabilidad de las correlaciones en los escenarios de estrés [28].

Una ilustración de la relación entre el valor esperado de la función de distribución  $F_X$  (correspondiente al BEL) y el  $VaR_\alpha$  (correspondiente al SCR) respecto a los pasivos del balance viene a continuación. La ilustración de BEL y SCR se basa en la normalidad de la distribución de la variable aleatoria  $X$  (línea continua). Sin embargo, las distribuciones de riesgos también pueden ser asimétricas (la línea de puntos), por lo que desvían de la normalidad y en efecto, la formula estándar ya no describe bien el perfil de riesgo.



**Gráfico:** Relación entre Pasivos y requisitos de capital de Solvencia II  
Elaboración propia en base de [40]

Por último, las matrices de correlación lineal tienen como objetivo reflejar el efecto de la diversificación de riesgos. Estos coeficientes tienen un gran impacto sobre el total de SCR agregado de varios módulos y sub-módulos.

Se asume que los coeficientes de correlación lineal describen todas las relaciones entre variables modelizadas dentro de la fórmula estándar. Sus valores fueron establecidos con el propósito de reflejar posibles correlaciones de las colas de funciones de distribución de riesgos y estabilidad de las correlaciones frente a los escenarios de estrés (de la fórmula estándar). Para obtener una mejor aproximación de  $VaR_\alpha$  al nivel de confianza de 99,50% para dos variables aleatorias  $X$  y  $Y$ , el coeficiente de correlación  $\rho_{XY}$  minimiza el siguiente error de agregación [28]:

$$|Var(X + Y)^2 - Var(X)^2 - Var(Y)^2 - 2\rho_{XY} \cdot Var(X) \cdot Var(Y)|$$

Una importante diferencia de la distribución normal de la forma en que se distribuyen los riesgos, la asimetría de las distribuciones o la dependencia de las colas de las distribuciones pueden causar que la fórmula estándar ya no va a ser una aproximación adecuada del nivel de requisitos de capital realmente necesarios para mantener la compañía solvente (durante 1 año, asumiendo su perfil de riesgo, incluso si es el peor de cada 200 años).

### 3.7. Modelos internos de capital de Solvencia II

Desviaciones de los supuestos principales de la fórmula estándar (sub-capítulo 3.6) respecto a la distribución normal (tal como asimetría, colas de distribución anchas) o al nivel de correlaciones entre riesgos (resultante de asimetría, dependencias de las colas) suponen unos obstáculos para el uso de la fórmula estándar de Solvencia II como aproximación de capitales requeridos de solvencia [58].

Pueden existir también otras razones por las que el perfil de riesgo de una compañía no venga representado adecuadamente por la fórmula estándar. Una compañía aseguradora puede estar expuesta a unos riesgos que no estén captados por la fórmula estándar pero suponen unos requisitos de capital adicionales para mantener la solvencia. Como un ejemplo, los siguientes riesgos [28] no están cubiertos por la fórmula estándar de Solvencia II: riesgo de inflación, riesgo de reputación, riesgo de liquidez, riesgo de contagio (a nivel del grupo) o riesgo legal. Además, el cálculo simplificado de fórmula estándar pueden no reflejar la situación o exposición al riesgo de una compañía particular, por la razón de tener una cartera de productos de seguro específica, por un reaseguro que no sea proporcional o por su ubicación geográfica. Un buen ejemplo supone el riesgo catastrófico para una compañía ubicada en la región de mayor exposición a este riesgo.

Por estas razones, la normativa de Solvencia II [48 – *cap. VI*] permite el uso de los modelos propios construidos por las compañías aseguradoras (modelos internos) que posibilitan un cálculo más adecuado de los requisitos de capital de solvencia.

La estructura modular de la fórmula estándar permite además la construcción de los modelos internos parciales que realicen el cálculo propio de SCR solamente para algunos riesgos, por ejemplo para el riesgo de tasa de interés, riesgo de longevidad, riesgo operacional [8] o riesgo de caída de cartera.

Los modelos internos requieren una robusta documentación y validación de las asunciones que intervienen en el cálculo [48 – *art. 224-225*]. Su aplicación mantiene la obligación de continuar con el cálculo de los requisitos de capital de Solvencia II para fórmula estándar. Los modelos internos o los modelos internos parciales tienen que estar también autorizados por el Supervisor (prueba de utilización).

La ventaja de modelos internos consiste en captar el riesgo específico de forma más adecuada. Además, pueden permitir a disminuir los requisitos de capital de

Solvencia II frente a los calculados mediante la fórmula estándar [40]. Sin embargo, no se considera una práctica adecuada creación de los modelos internos parciales solamente para estos módulos o sub-módulos para los que se obtiene un SCR menor que mediante la fórmula estándar (“*cherry-picking*”) [10]. Es importante que los requisitos de capital reflejen de forma adecuada el perfil de riesgo global a que está expuesta la compañía aseguradora [13, 57].

La creación de un modelo interno o un modelo interno parcial suele ser un proceso complejo y robusto. Las técnicas empleadas en su creación tienen que cumplir una serie de requisitos [48 – *art. 229*], tales como:

- estar basadas en información actual y tener en cuenta el progreso en la ciencia actuarial y las prácticas de mercado generalmente aceptadas;
- indicar las variaciones pertinentes en el perfil de riesgo de la empresa;
- proporcionar resultados estables.

Similarmente al caso de la fórmula estándar, los requisitos de capital de solvencia (SCR) calculados en un modelo interno (para un módulo o un sub-módulo) también corresponden capital requerido para mantener la compañía solvente, incluso durante uno de los peores 200 años. De este modo se asegura que los requisitos de capital corresponden al  $VaR_\alpha$  definido a un nivel de confianza de  $1-\alpha=99,5\%$ .

Dependiendo del método estadístico empleado, el cálculo suele requerir un número elevado de escenarios (por ejemplo 10.000) que describen el comportamiento estocástico de la variable modelizada. Por lo tanto suele emplear más recursos en relación al tiempo de computación que la fórmula estándar de Solvencia II.

Las técnicas estadísticas recomendadas por la Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación EIOPA (anterior Comité de Supervisores Europeos de Seguros y Planes de pensiones – CEIOPS) [9] para el cálculo de mejor estimación consideran las siguientes técnicas de simulación, técnicas analíticas y determinísticas:

- simulaciones Monte Carlo – aplicación consiste en la simulación de comportamiento de unas variables aleatorias mediante un muy elevado número de escenarios para recibir el valor medio de las obligaciones ponderado por la probabilidad. El cálculo se realiza por simulación de los escenarios donde en cada escenario se cambia uno o más parámetros. Durante la simulación se generan nuevos datos para lo cual se supone que el fenómeno analizado sigue una determinada distribución estadística [1]. Esta técnica es muy utilizada para

el cálculo de valor de opciones y garantías [50], especialmente relacionados con la participación del cliente en beneficios (*profit sharing*) o en el cálculo estocástico de la variabilidad de asunciones relacionados con comportamiento del cliente, tales como nivel de liquidación de pólizas o realización de las opciones del contrato [37].

- simulaciones de *bootstrapping* – un método de simulación que permite generar las distribuciones de los flujos de obligaciones mediante generación de nuevas muestras a partir de la ya existente.
- simulación de las pérdidas hasta y por encima de un límite
- simulaciones basadas en técnicas Bayesianas
- variación estocástica de las asunciones respecto a riesgos distintos al riesgo de mercado (por ejemplo en relación al riesgo de mortalidad)
- método de Mack (*distribution-free chain ladder*)
- técnicas de option-pricing, tales como las técnicas de *Black-Scholes* que asumen que rendimientos de las inversiones de riesgo siguen una definida distribución matemática
- técnicas actuariales tales como *chain ladder*, Bournhuetter-Ferguson o el método de coste de indemnización medio (*average cost per claim method*)
- pruebas de escenarios bajo estrés con el objetivo de conocer la sensibilidad a cambio de un parámetro (*stress and scenario testing*)
- observación y análisis de casos *outliers*
- uso de asunciones o datos de una cartera externa cuando no existen datos propios
- otras técnicas descritas en el documento de la recomendación [9].

## 4. ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE CAJA

### 4.1. Evolución en tiempo de los principales flujos de caja

Los principales flujos de caja que determinan la rentabilidad de un producto de seguro de vida para una compañía aseguradora son: los ingresos (primas, intereses sobre las inversiones de activos que cubren obligaciones del contrato) y compromisos frente a los tomadores, beneficiarios, intermediarios y gastos propios, tales como: costes administrativos, de adquisición, comisiones, valor de pago de beneficios del contrato o valor de beneficios por liquidaciones, pero también el valor de las opciones y garantías [50].

Con el fin de permitir cumplir sus compromisos, las empresas de seguros y reaseguros están calculando las provisiones técnicas, que es la suma de la mejor estimación (*BEL – best estimate liability*), incrementada por la margen de riesgo (*RM – risk margin*) [21 – art. 77]. La mejor estimación corresponde al valor actual de las obligaciones, considerando los futuros flujos de caja medios ponderados por la probabilidad de ocurrencia y teniendo en cuenta el valor de dinero en tiempo:

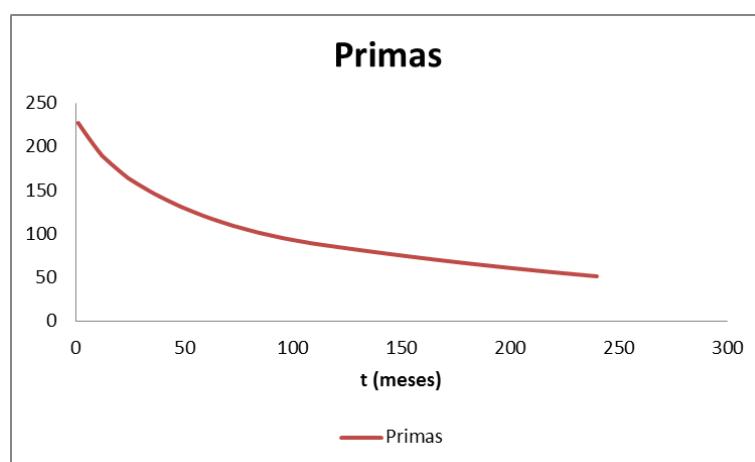
$$BEL = VA \text{ Obligaciones} - VA \text{ Primas}$$

donde el valor actual viene calculado con la curva de tipos forward libre de riesgo de EIOPA.

Bajo las sugerencias de Solvencia II [21 – *considerando (53)*], la metodología de cálculo debe armonizarse, con objeto de lograr una mayor comparabilidad y transparencia. El cálculo de las provisiones técnicas debe basar en la información específica sobre la cartera de seguros de la empresa, tal como el valor representativo de los siniestros y los gastos correspondientes. Las provisiones técnicas tienen que corresponder a las obligaciones esperadas para la cartera de seguros subyacente. La razón es que el valor de las provisiones técnicas debe corresponder al importe que una empresa tendría que pagar si transfiriera de manera inmediata todas sus obligaciones y derechos contractuales a otra entidad. En otras palabras, el valor de las provisiones técnicas debe corresponder al importe que otra empresa necesitaría para poder asumir y cumplir las obligaciones subyacentes de seguro y reaseguro.

Las provisiones técnicas se calculan para un contrato o grupos de contratos, si los grupos son homogéneos y los resultados no difieren de manera significativa de la suma de las provisiones técnicas calculadas para los contratos independientemente [27, 29]. No se incluye el importe recuperable por reaseguro. Además, el cálculo de provisiones técnicas debe tener en cuenta la incertidumbre sobre el valor futuro de las obligaciones relacionado con el comportamiento del tomador, las tendencias e incertidumbre sobre la cuantía de los siniestros o gastos y las posibles relaciones sobre factores o causas.

Con el fin de entender posible evolución de los flujos de caja y su impacto a las provisiones técnicas (BEL), se presentan los gráficos de las primas, obligaciones (pagos y gastos) para un caso particular de una póliza de 20 años de seguro de vida y supervivencia con aceleración de pago en caso del diagnóstico de cáncer para un asegurado de 40 años de edad, mujer, con suma asegurada de 50.000 EUR y primas pagadas mensualmente. Se observa que el flujo de primas decrece a la manera que disminuye el número de pólizas en vigor (por la razón de liquidaciones de pólizas, muertes o diagnóstico de cáncer).



**Gráfico:** Flujo de primas de contrato para un caso particular. *Elaboración propia*

Las obligaciones (pagos y gastos) vienen dominados por un flujo de costes iniciales (de adquisición) y un pago de beneficio por supervivencia al final del periodo de seguro. Sin embargo, si analizamos los flujos en periodo  $t \in [13; 12(n - 1)]$ , se observa que los gastos disminuyen proporcionalmente al número de contratos en vigor, mientras que los pagos crecen por la razón del incremento del riesgo de seguro (muerte

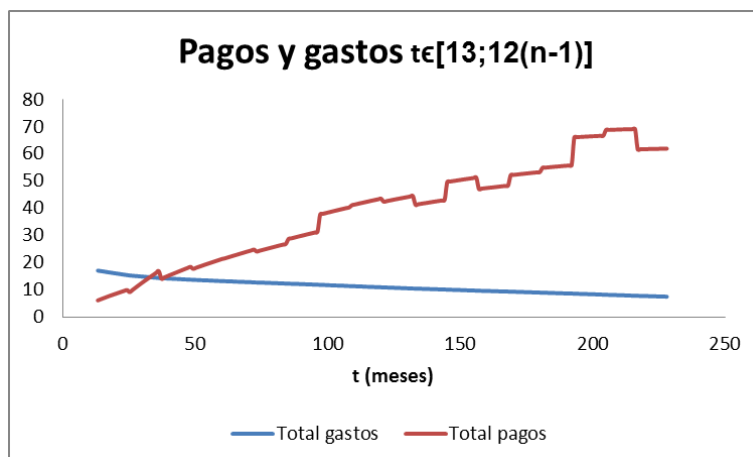
o diagnóstico de cáncer) pero también por el mayor valor del pago de beneficios por la liquidaciones.



**Gráfico:** Flujo de obligaciones total para un caso particular. Elaboración propia

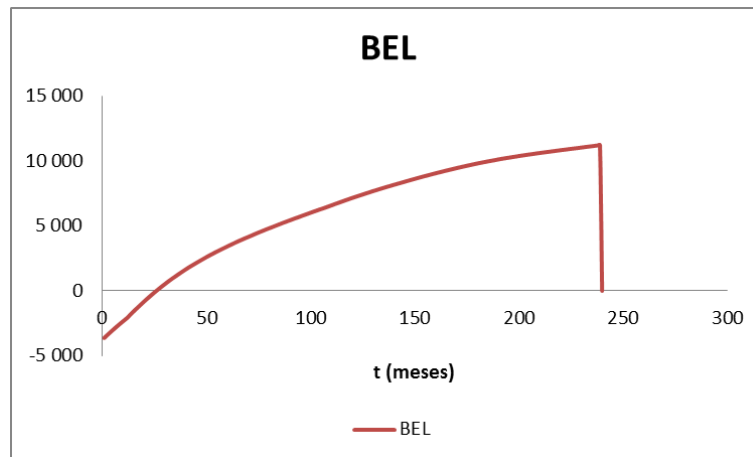


**Gráfico:** Flujo de obligaciones de contrato para un caso particular. Elaboración propia



**Gráfico:** Flujo de obligaciones de contrato sin el primer y el último año de seguro para un caso particular. Elaboración propia

Por último, se observa la evolución de la mejor estimación (BEL) que por superar el valor actual actuarial de las primas cobradas al valor actual actuarial de las obligaciones, es negativo durante los primeros meses del contrato para subir después hasta el valor esperado del beneficio por supervivencia.



**Gráfico:** *Próvisiones técnicas para un caso particular. Elaboración propia*

Además se estudia la posible evolución de la mortalidad y su impacto en el nivel de obligaciones, se compara el valor de las provisiones técnicas (BEL), el valor de capital requerido por Solvencia II (SCR) y las medidas de beneficio (IRR, PM, ROA, EV) calculados para una tabla de vida estática y dinámica. Además, se calcula el valor total de los beneficios pagados por la razón de muerte y supervivencia. El cálculo se basa en un solo caso, no tiene en cuenta el cambio de estructura de la cartera de asegurados por la distinta tasa de liquidaciones de hombres y mujeres.

El valor de beneficios pagados por muerte del asegurado decrece de manera significativa para el cálculo de valor de obligaciones del contrato basado en una tabla de vida dinámica (de 201 EUR a 157 EUR si el asegurado es mujer y de 503 EUR a 356 EUR si el asegurado es hombre). Sin embargo, la cuantía de los beneficios por muerte previstos por el contrato no es significativo en relación al total de otros beneficios, tales como el beneficio por supervivencia, diagnóstico del cáncer o liquidaciones de pólizas.

<i>Tipo de tabla de vida</i>	<i>Mujer</i>		<i>Hombre</i>	
	<i>estática</i>	<i>dinámica</i>	<i>estática</i>	<i>dinámica</i>
<i>Suma de beneficios por muerte (EUR)</i>	201	157	503	356
<i>Suma de beneficios por supervivencia (EUR)</i>	14 003	14 036	9 921	10 019
<i>Suma de beneficios por diagnóstico del cáncer (EUR)</i>	1 590	1 591	1 307	1 312
<i>Suma de beneficios por liquidaciones (EUR)</i>	6 661	6 667	6 621	6 646
<i>Suma de primas devengadas (EUR)</i>	27 121	27 133	22 966	23 008
<i>Ratio: beneficios/primas devengadas (%)</i>	82,8%	82,7%	79,9%	79,7%
<i>Ratio: beneficios por muerte/total beneficios (%)</i>	0,9%	0,7%	2,7%	1,9%

**Tabla:** Comparación de suma de beneficios y primas devengadas para el cálculo de mortalidad en base de tabla estática o dinámica y dos generos. Elaboración propia

Si aparte calculamos el valor actual de los beneficios pagados y primas esperadas con la misma tasa de descuento que la utilizada en el cálculo de *embedded value* (RDR=10%), observamos que aunque el beneficio por muerte crece, disminuye el peso de valor actual del total de beneficios en relación al valor actual del flujo de primas devengadas:

<i>Tipo de tabla de vida</i>	<i>Mujer</i>		<i>Hombre</i>	
	<i>estática</i>	<i>dinámica</i>	<i>estática</i>	<i>dinámica</i>
<i>Valor actual de beneficios por muerte (EUR)</i>	79	65	220	173
<i>Valor actual de beneficios por supervivencia (EUR)</i>	707	707	487	488
<i>Valor actual de beneficios por diagnóstico del cáncer (EUR)</i>	2 177	2 178	2 228	2 233
<i>Valor actual de beneficios por liquidaciones (EUR)</i>	2 098	2 103	1 486	1 501
<i>Valor actual de primas devengadas (EUR)</i>	14 278	14 281	12 569	12 580
<i>Ratio: beneficios/primas devengadas (%)</i>	35,4%	35,4%	35,2%	34,9%
<i>Ratio: beneficios por muerte/total beneficios (%)</i>	5,0%	3,9%	5,0%	3,9%

**Tabla:** Comparación de valor actual de beneficios y primas devengadas para el cálculo de mortalidad en base de tabla estática o dinámica y dos generos. Elaboración propia

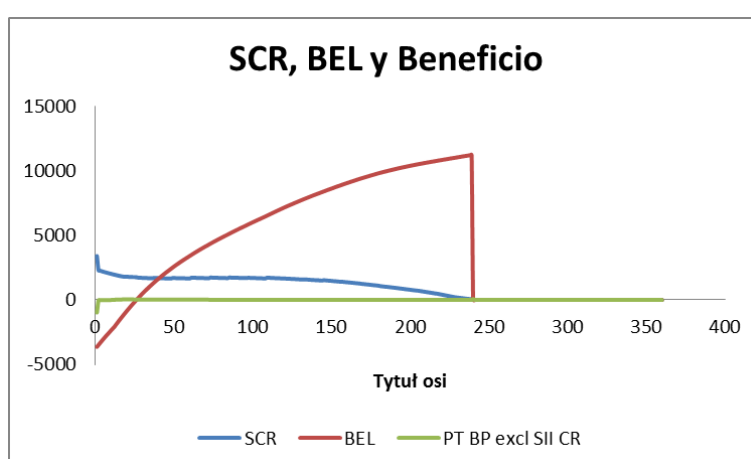
Esta observación permite entender porque una importante disminución del riesgo de mortalidad pronosticado con las tablas de vida dinámicas está menos pronunciada por las medidas de beneficio:

Tipo de tabla de vida	Mujer		Hombre	
	estática	dinámica	estática	dinámica
IRR (SII)	13,1%	13,2%	16,7%	17,8%
PM	11,1%	11,1%	12,2%	12,5%
ROA (SII)	1,6%	1,6%	1,9%	2,0%
EV (SII)	521	538	730	793
BEL <sub>0</sub>	-2787	-2803	-2737	-2797
SCR <sub>0</sub>	2788	2796	2425	2456

**Tabla:** Comparación de medidas de beneficio para el cálculo de mortalidad en base de tabla estática o dinámica y dos generos. Elaboración propia

Esto no quiere decir que las tablas de vida dinámicas sean menos útiles para el cálculo de las obligaciones futuras, pero que su impacto puede disminuir por el uso de una relativamente alta tasa de descuento respecto a las obligaciones futuras que suele ser utilizada en el cálculo de *embedded value* o por mitigación de riesgo (en este caso por riesgo de diagnóstico del cáncer).

El último gráfico representa una comparación entre la mejor estimación (BEL), el valor de capital requerido por solvencia (SCR) y los beneficios antes impuestos y sin considerar requisitos de capital (PT BP excl. SII SCR). Es importante observar, que el valor de SCR disminuye con el tiempo pero en una manera no lineal. El beneficio viene determinado por un valor negativo en el principio del contrato que resulta de altos gastos iniciales u un flujo de menores beneficios durante la vida del contrato.



**Gráfico:** Comparación de provisiones técnicas, capital requerido por solvencia y beneficio antes impuestos y requisitos de capital para un caso particular. Elaboración propia

Por último, una indicación sobre el valor de BEL y SCR al inicio de la venta ( $t=0$ ) en relación al género, edad, duración del contrato y nivel de prima mensual proporcionan las Tablas 15 y 16 disponible en el Anexo. Observamos que el valor absoluto de  $BEL_0$  y  $SCR_0$  están más altos:

- para las mujeres que para los hombres, por la razón de ser más alto el nivel de beneficios por supervivencia y más alta la relación de beneficios respecto a primas devengadas.
- para los jóvenes, por la razón de ser más alto nivel de beneficios de supervivencia.
- para duraciones más largas, respecto a la misma edad y duración; sin embargo, el incremento de valor del  $BEL_0$  y  $SCR_0$  no es proporcional al incremento de duración y para las duraciones más altas el incremento de  $BEL_0$  y  $SCR_0$  es menor. Por ejemplo, para el asegurado hombre de edad 40, una prima mensual de 200 EUR y un contrato de 20 años de duración, el  $BEL_0$  es -2383 EUR y  $SCR_0$  es 2122, mientras que para el contrato con mismos parámetros pero duración de 10 años el  $BEL_0$  es -1802 y el  $SCR_0$  es 1300. La razón es que los gastos de adquisición forman una parte importante de las obligaciones y el pago de los beneficios más altos durante la vida contrato tiene menos impacto sobre valores de  $BEL_0$  y  $SCR_0$ .
- para las primas más altas, respecto a la misma edad y duración; el incremento de valor absoluto de  $BEL_0$  y  $SCR_0$  no es proporcional al incremento de prima mensual, aunque la diferencia es pequeña.

## **4.2. Estructura del BEL y del SCR**

### **4.2.1. Estructura del BEL**

La mejor estimación (BEL) viene calculada como el valor actual actuarial de las obligaciones futuras bajo la curva libre de riesgo de tipos forward. El valor de las obligaciones viene determinado por la diferencia entre el valor total de los pagos (el total de todos los gastos y costes) y los ingresos (sobre todo: cobro de primas de seguros).

Con el fin de ilustrar la estructura del BEL y los flujos de caja que determinan su comportamiento en tiempo, observamos el mismo caso particular que descrito anteriormente (5.1.): una póliza de 20 años de seguro de vida y supervivencia con aceleración de pago en caso del diagnóstico de cáncer para un asegurado de 40 años de edad, hombre, con suma asegurada de 50.000 EUR y primas pagadas mensualmente.

A lo largo del periodo de observación, se tiene en cuenta la disminución del número de pólizas en vigor por causa de liquidaciones de pólizas y por muertes o diagnosis del cáncer.

Con el fin de simplificar el cálculo se supone que todos los flujos se realizan al final de cada mes. En realidad, el pago de las primas, costes de adquisición y comisiones suelen suceder en el principio del mes, el pago de los beneficios del contrato (beneficio por muerte, beneficio por diagnosis de cáncer, pago de valor de liquidación de póliza) suelen suceder a lo largo del mes, mientras que los gastos administrativos y los pagos del beneficio por supervivencia – al final del mes.

La tabla presentada a continuación nos permite observar el siguiente comportamiento de flujos de caja:

- El valor de obligaciones es negativo durante casi todo el periodo de observación por la razón de primas que superan el valor total de los pagos; gracias a esta situación, el valor de la mejor estimación (BEL) es negativo en principio del periodo de observación.
- El valor de primas decrece a lo largo del periodo de observación por la razón de disminución del número de pólizas en vigor (por la razón de liquidaciones o pago de beneficios del contrato por muerte o supervivencia).
- Aunque el riesgo de muerte crece con edad, el valor de beneficio por muerte decrece a lo largo del periodo de observación por la razón de disminución del número de pólizas en vigor.
- El valor de pagos de beneficio por diagnosis del cáncer crece con el tiempo porque el riesgo de diagnosis del cáncer crece más rápido en relación a disminución del número de pólizas en vigor.
- Los pagos de valor de liquidación crecen con el tiempo porque el valor de póliza se incrementa con el tiempo.

- El valor del esperado pago de beneficio por supervivencia llega a 10 019 EUR y es más pequeño que la suma asegurada (50 000 EUR) por la razón de disminución del número de pólizas durante el periodo.
- Costes de administración decrecen con el tiempo por la razón de disminución del número de pólizas en vigor.
- Costes de adquisición se suele asumir solamente en el principio del contrato.
- El valor de pagos de comisiones decrece con el tiempo, correspondiendo al flujo de pago de primas y los porcentajes de comisiones previstos por el contrato.

	(A)	(B)= =(D)-(C)	(C)	(D)= (E)+ +...+ (K)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)
<i>n</i>	BEL	Obligaciones	Primas	Valor total de los pagos	Beneficio por muerte	Beneficio por diagnóstico de cáncer	Valor de liquidación	Beneficio por supervivencia	Costes de administración	Costes de adquisición	Comisiones
0	-2797										
1	-1831	-314	2441	2127	26	43	0	0	91	747	1221
2	-134	-1695	1965	271	21	36	42	0	73	0	98
3	1237	-1372	1692	320	21	33	119	0	63	0	85
4	2463	-1228	1550	322	18	43	125	0	58	0	78
5	3555	-1090	1461	371	21	40	183	0	55	0	73
6	4526	-960	1377	417	20	43	234	0	51	0	69
7	5393	-841	1297	456	18	46	279	0	48	0	65
8	6166	-729	1221	492	19	48	319	0	46	0	61
9	6844	-614	1150	535	17	65	353	0	43	0	57
10	7443	-527	1081	555	18	60	382	0	40	0	54
11	7980	-441	1017	576	15	65	408	0	38	0	51
12	8453	-357	956	599	18	68	429	0	36	0	48
13	8861	-284	898	615	18	72	447	0	34	0	45
14	9188	-204	843	639	15	90	461	0	31	0	42
15	9450	-152	791	640	16	83	472	0	30	0	40
16	9639	-95	742	647	15	87	480	0	28	0	37
17	9771	-44	695	652	15	90	486	0	26	0	35
18	9860	5	651	656	17	93	489	0	24	0	33
19	9918	57	609	665	13	108	490	0	23	0	30
20	0	10064	569	10632	15	100	449	10019	21	0	28

**Tabla:** Estructura de flujos de caja que determinan el valor de la mejor estimación (BEL) para un caso particular: una póliza de 20 años, asegurado de 40 años de edad, hombre, suma asegurada de 50.000 EUR y primas mensuales. Elaboración propia

A continuación se analiza la estructura de valor total de los pagos, asumiendo como un 100% el valor de los pagos durante el periodo y calculando el porcentaje que constituye cada flujo (E-K) en relación al total (D):

	$(D') = (E') + \dots + (K')$	$(E')$	$(F')$	$(G')$	$(H')$	$(I')$	$(J')$	$(K')$
N	Valor total de los pagos	Beneficio por muerte	Beneficio por diagnóstico de cáncer	Valor de liquidación	Beneficio por supervivencia	Costes de administración	Costes de adquisición	Comisiones
0								
1	100%	1%	2%	0%	0%	4%	35%	57%
2	100%	8%	13%	15%	0%	27%	0%	36%
3	100%	6%	10%	37%	0%	20%	0%	26%
4	100%	6%	13%	39%	0%	18%	0%	24%
5	100%	6%	11%	49%	0%	15%	0%	20%
6	100%	5%	10%	56%	0%	12%	0%	17%
7	100%	4%	10%	61%	0%	11%	0%	14%
8	100%	4%	10%	65%	0%	9%	0%	12%
9	100%	3%	12%	66%	0%	8%	0%	11%
10	100%	3%	11%	69%	0%	7%	0%	10%
11	100%	3%	11%	71%	0%	7%	0%	9%
12	100%	3%	11%	72%	0%	6%	0%	8%
13	100%	3%	12%	73%	0%	5%	0%	7%
14	100%	2%	14%	72%	0%	5%	0%	7%
15	100%	2%	13%	74%	0%	5%	0%	6%
16	100%	2%	13%	74%	0%	4%	0%	6%
17	100%	2%	14%	75%	0%	4%	0%	5%
18	100%	3%	14%	75%	0%	4%	0%	5%
19	100%	2%	16%	74%	0%	3%	0%	5%
20	100%	0%	1%	4%	94%	0%	0%	0%

**Tabla:** *Descomposición de valor total de los pagos (100%) para un caso particular: una póliza de 20 años, asegurado de 40 años de edad, hombre, suma asegurada de 50.000 EUR y primas mensuales. Elaboración propia*

Los beneficios en el primer año están dominados por comisiones y otros costes de adquisición. Los pagos de comisiones y costes de administración constituyen una posición importante en el valor total de los pagos sobre todo en primeros años del contrato (4-6 años). Además, destaca que a partir del tercer año de seguro el flujo de pagos más importante es el valor de liquidación que es la cuantía que compañía está obligada a pagar en caso de liquidación anticipada del contrato por parte de asegurado.

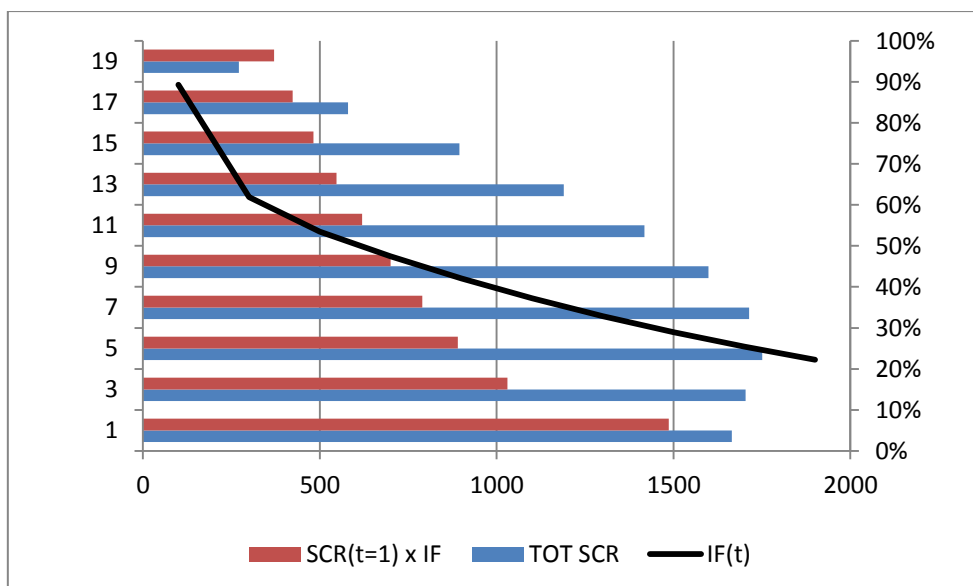
Los beneficios por riesgo asegurado durante el periodo de seguro (muerte o diagnóstico del cáncer) constituyen solamente sobre 15-20% del valor total de los pagos.

Mayor parte de estos pagos corresponden al beneficio por diagnóstico del cáncer, dado que la incidencia de diagnóstico del cáncer supera significativamente el riesgo de mortalidad (excluyendo muertes por cáncer) y el cáncer es la principal causa de muerte [36, GLOBOCAN] durante edades asegurados (en este caso particular edad de 40 hasta 60 años).

Estas observaciones permiten entender importancia del riesgo de liquidaciones y evolución de los riesgos de invalidez (diagnóstico del cáncer) y de gastos que están reflejados por el capital de solvencia y analizados a continuación (capítulo 4.2.2.).

#### 4.2.2. Estructura del capital de solvencia (SCR)

El capital requerido por solvencia (SCR) está formado por tres componentes: el capital de solvencia básico (BSCR), el riesgo operativo y el ajuste por la capacidad de absorción de pérdidas de las provisiones técnicas y los impuestos diferidos. Excluyendo en esta etapa el ajuste (*Adj*) podemos observar la evolución del capital requerido por solvencia (SCR) para el caso particular definido anteriormente:

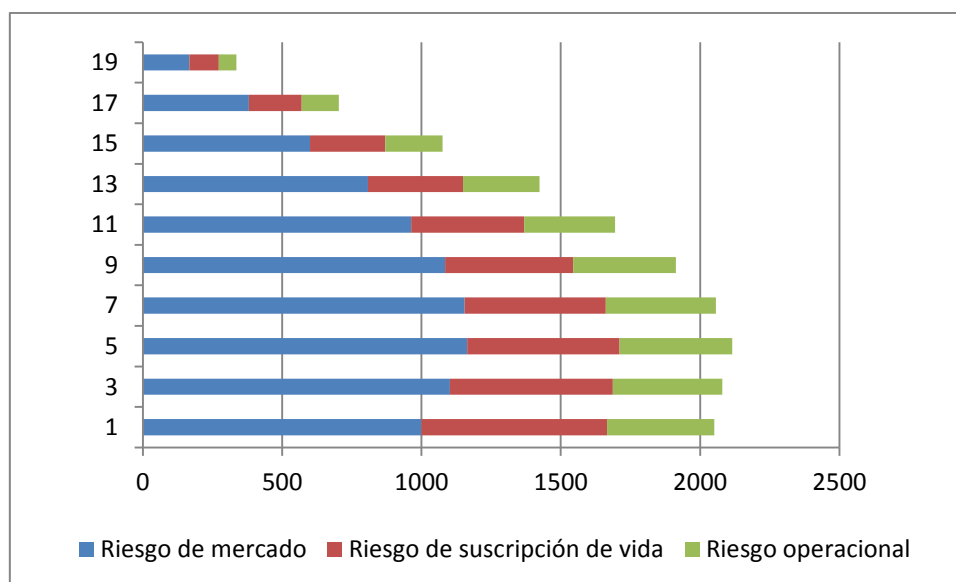


**Gráfico:** Evolución del capital requerido de solvencia (SCR) y porcentaje de pólizas en vigor (IF) para un caso particular. Elaboración propia

La línea negra describe las caídas de la cartera por la razón de liquidaciones de pólizas por parte de asegurados, muertes o pagos de beneficio por diagnóstico del cáncer. Aunque durante el periodo de observación (periodo de seguro = 20 años) el porcentaje

de pólizas en vigor disminuye, observamos que el capital requerido por solvencia (barra azul: TOT SCR) no decrece a la misma manera. Podemos comprobarlo comparando el SCR con el capital requerido en el primer año  $SCR(t=1)$  actualizado para cada  $t$  año por el porcentaje de pólizas en vigor en este año (barra roja:  $SCR(t=1) \times IF$ ).

Una respuesta sobre la razón de esta evolución del capital requerido por solvencia (SCR) nos la da el análisis de elementos que intervienen en el cálculo del SCR: los capitales requeridos por riesgo de mercado, riesgo de suscripción de vida y riesgo operacional. El riesgo operacional disminuye proporcionalmente para cada año  $t$ . Sin embargo, observamos que los capitales requeridos que proceden del capital de solvencia básico (BSCR), es decir, los riesgos de mercado y suscripción de vida, se incrementan durante primeros 7-10 años del contrato.

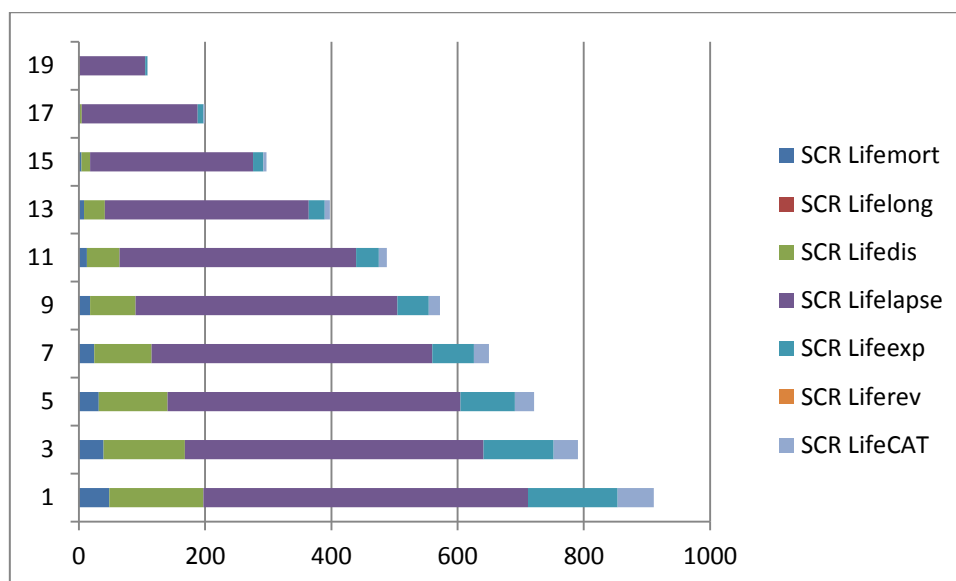


**Gráfico:** Evolución del capital requerido de solvencia (SCR) y sus componentes para un caso particular. *Elaboración propia*

El capital básico requerido por solvencia (BSCR) viene calculado como el incremento del valor de provisiones técnicas bajo definidos escenarios de estrés (capítulo 3.5.3.).

En caso de riesgo de mercado, el incremento de capital requerido de solvencia está relacionado con el incremento de valor de fondos propios básicos (BOF – *basic own funds*) durante el periodo de observación que resulta del incremento de la diferencia entre valor de fondos propios básicos calculado bajo los escenarios de estrés y escenario base (BEL).

En caso de riesgo de suscripción de vida observamos que el sub-módulo que aporta más al valor de capital requerido es el de riesgo de caídas de cartera. El riesgo dominante para este caso particular es el riesgo de un rescate masivo. Capital requerido calculado dentro de este riesgo se incrementa con el tiempo sobre todo porque el valor de beneficios a pagar en caso de liquidaciones se incrementa con el tiempo, lo que aorta a un mayor incremento de la mejor estimación (BEL) bajo los escenarios de estrés.



**Gráfico:** Evolución del capital requerido dentro del sub-módulo de riesgo de suscripción de vida para un caso particular. Elaboración propia

### 4.3. Medidas del beneficio

#### 4.3.1. Definición de Beneficio contable

Las medidas de beneficio definidas en el capítulo 4.3 se suelen basar en el *Beneficio contable después de impuestos y de coste de margen de solvencia*, que para un instante  $t$  se calcula como suma de los siguientes flujos de caja [31]:

*Beneficio contable después de impuestos y de coste de margen de solvencia* =

- + Beneficio contable después de impuestos
- + Rendimiento de margen de solvencia
- Variación de margen de solvencia

Dónde *Beneficio contable después de impuestos* =

- + Beneficio contable antes impuestos
- Impuestos (aunque en este análisis se asume la tasa de impuestos = 0%)

Y *Beneficio contable antes de impuestos* =

- + Primas de seguro
- + Rendimiento financiero (NII - *net investment income*)
- Rescates (pagos de valor de liquidación de póliza en caso de terminación anticipada por la voluntad del cliente)
- Pagos de beneficios (beneficios por fallecimiento, enfermedad o supervivencia.)
- Gastos administrativos y de adquisición
- Comisiones
- Reaseguro
- Variación de provisiones técnicas

#### 4.3.2. Margen de beneficio

Margen de beneficio (*profit margin - PM*) de un producto se define como el valor actual de los beneficios sobre el valor actual de las primas [25]:

$$\text{Margen de beneficio} = \frac{VA \text{ beneficios}}{VA \text{ primas}}$$

El valor actual calculado se basa en una serie de asunciones sobre la cartera, tanto como la mortalidad esperada, rendimiento de los activos o la tasa de caídas de la cartera. Por la razón del uso de las asunciones sobre el futuro, el margen de beneficio contiene un grado de subjetividad.

Es una medida de beneficio universal para todos tipos de productos de seguros.

El margen de beneficio se suele calcular tanto sin o con capital de solvencia. En este estudio el margen de beneficio viene calculado sin capital de solvencia.

Valores de la margen de beneficio para los contratos de cartera hipotética, según género del asegurado, su edad, duración del contrato y nivel de prima mensual están presentados en el Anexo en el apartado 9.6. y las Tablas 10<sup>a</sup>, 10<sup>b</sup>.

### 4.3.3. Embedded value

El *embedded value* definimos como el valor actual del flujo de los beneficios futuros, calculados con la tasa de descuento (*risk discount rate* – RDR) equivalente a una tasa del mercado para una inversión de riesgo comparable [25]. El flujo de beneficios futuros se calcula considerando capital de solvencia u otros requisitos de capital bajo el riesgo.

Con el propósito de calcular el *embedded value* para el producto estudiado se asume la tasa de descuento (RDR) de un 10,0%.

El *embedded value* es una medida de valor en nivel de una póliza o bien en nivel de una cartera de pólizas [31]. Entonces, el *embedded value* indica cuánto vale una cartera de seguros. Por lo tanto, puede suponer una de las medidas de valor de compañía de seguros para las fusiones y adquisiciones. Además, sirve de base para determinar las cotizaciones bursátiles de compañía de seguros.

La determinación del valor del *embedded value* para una cartera en vigor requiere el cálculo del rendimiento esperado de una cartera en vigor al principio de un ejercicio y el valor esperado del nuevo negocio (*embedded value* al instante  $t=0$ ). El *embedded value* calculado para nuevo negocio se suele llamar *new business embedded value* (NBEV).

Los valores del *embedded value* para los contratos de una cartera hipotética, según género del asegurado, su edad, duración del contrato y nivel de prima mensual están presentados en el Anexo, en el apartado 9.6. y las Tablas 11<sup>a</sup>, 11<sup>b</sup>.

### 4.3.4. Tasa interna del rendimiento

La tasa interna del rendimiento (*internal rate of return* – IRR) es una tasa de descuento para el que el valor actual del flujo de caja de beneficios futuros es igual a cero.

Los valores de la tasa interna del rendimiento para los contratos de una cartera hipotética, según el género del asegurado, su edad, duración del contrato y nivel de prima mensual están presentados en el Anexo, en el apartado 9.6. y las Tablas 12<sup>a</sup>, 12<sup>b</sup>.

#### 4.3.5. Retorno sobre activos

El retorno sobre activos (*return on assets* – ROA) se define como el valor actual de los beneficios esperados sobre el valor actual de los activos [25]:

$$\text{Retorno sobre activos} = \frac{VA \text{ beneficios}}{VA \text{ activos}}$$

El retorno sobre activos se suele analizar para los productos que requieren un nivel de activos importante. Principalmente estos productos suelen ser los que garantizan el pago de un beneficio al vencimiento del contrato, como el seguro de vida y supervivencia considerado en este estudio.

Los valores de la tasa interna del rendimiento para los contratos de cartera hipotética, según género del asegurado, su edad, duración del contrato y nivel de prima mensual están presentados en el Anexo, en el apartado 9.6. y las Tablas 13<sup>a</sup>, 13<sup>b</sup>.

#### 4.3.6. Análisis de medidas de beneficio para el producto estudiado

Las medidas de beneficio definidas en los sub-capítulos anteriores permiten evaluar el impacto de los requisitos de capital de Solvencia II en el beneficio generado por la venta de nuevas pólizas. Se calculan las mismas medidas de beneficio para los flujos de caja basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I) y considerando las provisiones técnicas y los requisitos de capital de Solvencia II, es decir: el valor total de la mejor estimación (BEL), margen del riesgo (RM) y capital de solvencia (SCR).

Un promedio de valores de la tasa interna de rendimiento (IRR) y el *embedded value* (EV) indican mayor beneficio bajo el régimen de Solvencia II. En caso del producto estudiado, esto resulta del mayor valor de provisiones técnicas tradicionales frente a los requisitos de capital de Solvencia II, sobre todo durante los primeros años del contrato. El BEL negativo presente en principio del periodo proporciona un flujo que aporta al beneficio de manera positiva (porque el cambio del BEL es positivo). Además, alta tasa de descuento RDR=10% aplicada en el cálculo de *embedded value* tiene más en cuenta los flujos de los primeros años del contrato. La margen de beneficio (PM) no incluye los requisitos de capital pues considera el mismo beneficio para los dos regímenes. El retorno sobre activos (RoA) es más alto en el caso de

requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales por la razón de ser más alto el nivel de provisiones técnicas, sobre todo en los primeros años del contrato.

TOT	Requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I)				Requisitos de capital de Solvencia II			
	IRR	PM	ROA	EV	IRR	PM	ROA	EV
TOT	17,5%	11,2%	2,9%	649,39	40,9%	11,2%	2,3%	900,37

**Tabla:** Medidas de beneficio para la cartera hipotetica.

Se analiza también el rendimiento promedio para unos grupos de pólizas con mismas características:

- duración de contrato – destaca que distintas medidas pueden proporcionar una respuesta contraria sobre el impacto de la duración sobre la rentabilidad: los contratos con duración más corta proporcionan una mayor rentabilidad según el IRR, ROA y EV (basado en provisiones técnicas tradicionales). Según el PM (que no considera los requisitos de capital ningunos), la rentabilidad se incrementa con la duración. El EV calculado considerando los requisitos de capital de Solvencia II no proporciona una respuesta clara, indicando el EV más alto para los contratos con duración más alta o más corta.

Duración (años)	Requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I)				Requisitos de capital de Solvencia II			
	IRR	PM	ROA	EV	IRR	PM	ROA	EV
10	21,4%	10,8%	4,5%	707,31	91,8%	10,8%	3,8%	1055,94
15	17,8%	10,5%	2,7%	656,82	31,0%	10,5%	2,2%	887,66
20	16,3%	11,0%	2,2%	635,39	14,5%	11,0%	1,7%	512,16
25	15,4%	11,9%	2,1%	616,93	18,8%	11,9%	1,6%	806,14
30	14,7%	12,7%	2,2%	595,97	30,6%	12,7%	1,6%	1291,12

**Tabla:** Medidas de beneficio para la cartera hipotetica según duración del contrato.

- prima mensual – todas las medidas de beneficio proporcionan una respuesta similar que la rentabilidad se incrementa con el valor de la prima mensual:

Prima mensual (EUR)	Requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I)				Requisitos de capital de Solvencia II			
	IRR	PM	ROA	EV	IRR	PM	ROA	EV
100	13,8%	9,7%	2,4%	177,75	21,8%	9,7%	1,9%	264,57
200	18,4%	11,7%	3,0%	649,39	43,2%	11,7%	2,4%	900,63
300	20,4%	12,3%	3,2%	1121,03	57,7%	12,3%	2,6%	1535,91

**Tabla:** Medidas de beneficio para la cartera hipotetica según nivel de prima mensual.

- edad – se observa una rentabilidad superior para las edades más altas de los asegurados. Esto ocurre porque por el mismo nivel de prima mensual, a las edades superiores se ofrece sumas aseguradas más bajas, lo que permite mitigar más la alta incidencia de pagos por mortalidad o diagnóstico del cáncer. En caso de medidas de rentabilidad basados en los requisitos de capital de Solvencia II, el efecto de edad es más pronunciados por más altos los requisitos de capital de Solvencia II en el caso de los más jóvenes.

Edad	Requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I)				Requisitos de capital de Solvencia II			
	IRR	PM	ROA	EV	IRR	PM	ROA	EV
<20	16,7%	11,3%	2,5%	617,18	34,9%	11,3%	2,0%	876,83
20-24	16,7%	11,2%	2,5%	617,34	34,8%	11,2%	2,0%	875,15
25-29	16,7%	11,2%	2,5%	618,80	34,7%	11,2%	2,0%	873,58
30-34	16,8%	11,3%	2,6%	622,83	34,4%	11,3%	2,1%	874,51
35-39	17,0%	11,3%	2,7%	633,63	33,9%	11,3%	2,1%	882,10
40-44	17,2%	11,4%	2,8%	654,15	33,8%	11,4%	2,2%	899,13
45-49	17,9%	11,2%	3,0%	677,87	37,3%	11,2%	2,4%	879,38
50-54	18,9%	11,1%	3,4%	699,77	47,2%	11,1%	2,7%	914,48
55-59	20,0%	11,0%	4,0%	719,94	71,0%	11,0%	3,3%	1029,00
60-65	21,8%	11,2%	5,1%	741,91	115,4%	11,2%	4,3%	1110,39

**Tabla:** Medidas de beneficio para la cartera hipotetica según edad del asegurado.

- género – no se observan diferencias significativas en cuanto a la rentabilidad de pólizas de hombres o mujeres; la razón consiste en el distinto nivel de pagos durante la vida del contrato: las mujeres reciben en total un mayor beneficio por supervivencia pero este beneficio está más alejado mientras que para los hombres son más altos los beneficios por muerte y menor el flujo de primas devengadas.

Genero	Requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I)				Requisitos de capital de Solvencia II			
	IRR	PM	ROA	EV	IRR	PM	ROA	EV
Hombre	17,1%	11,2%	2,9%	597,35	38,9%	11,2%	2,3%	849,38
Mujer	17,9%	11,3%	2,8%	701,44	42,9%	11,3%	2,3%	951,36

**Tabla:** Medidas de beneficio para la cartera hipotetica según género del asegurado.

En la Tabla 10 del anexo se presentan resultados detallados (tasa interna de rendimiento, margen de beneficio, beneficio sobre activos y *embedded value*) para varios casos del producto estudiado (una cartera hipotética de 1140 pólizas).

#### **4.4. Relación entre los parámetros de contrato, los requisitos de capital y las medidas de beneficio**

##### **4.4.1 Coeficientes de correlación de Pearson y de Spearman**

Entre los varios coeficientes de correlación utilizados para medir el grado de relación entre dos variables, el más popular es el coeficiente de correlación de propuesto por Karl Pearson [44, 45]:  $r_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y}$ . La aplicación de este coeficiente permite conclusiones validas sobre las relaciones lineales de las variables las que siguen la distribución normal. Por lo tanto, el coeficiente es sensible en valores atípicos (*outliers*). Para comprobar si dos variables siguen la distribución normal se puede utilizar el test de normalidad de Shapiro-Wilk.

El coeficiente de correlación de Pearson indica si aumento de una variable  $x$  incrementa (o disminuye) proporcionalmente a valores de otra variable  $y$ . Valores positivos del coeficiente indican una correlación positiva y valores negativos – una correlación negativa. Se suele asumir que el valor absoluto del coeficiente entre 0 y 0,30 indica que no existe una correlación lineal entre variables, un valor entre 0,30 y 0,50 se asocia con una correlación débil, un valor entre 0,50 y 0,70 – una correlación moderada, un valor entre 0,70 y 0,90 – una correlación fuerte y valor entre 0,90 y 1,00 – una correlación muy fuerte.

Cuando las variables no siguen la distribución normal o cuando las correlaciones entre variables no son lineales, una alternativa para medir la fuerza de relación entre dos variables  $x$ ,  $y$  es el coeficiente de correlación propuesto por Charles Spearman [54, 53]:  $r_s$ . Es un coeficiente no-paramétrico, basado en la definición del coeficiente de correlación de Pearson, pero calculado para las observaciones ordenadas. El coeficiente de Spearman define en qué grado una función monótona describe relación entre dos variables, sin tener en cuenta distribución de las variables [34]. Valores numéricos de coeficiente de correlación de Spearman tienen la misma interpretación que los coeficientes de correlación de Pearson.

#### 4.4.2. Correlaciones entre variables del modelo

Como paso previo al análisis de correlación, fue realizada una prueba de normalidad de distribución de las variables del modelo. Dado que la cartera hipotética de pólizas está construida por pólizas con parámetros de contrato distribuidos uniformemente (es decir, se cubre todas las edades, posibles duraciones y definidos niveles de prima mensual), las variables  $x_1$ - $x_4$  no van a seguir la distribución normal. Para los restantes variables  $x_i$  ( $x_5$ - $x_{23}$ ) la hipótesis nula de prueba de normalidad asume normalidad de la variable  $x_i$  del modelo, ante la hipótesis alternativa que la variable  $x_i$  no sigue la distribución normal. Los estadísticos de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk están disponibles en el apartado 9.7 del Anexo. Para todas las variables  $i$ , el p-value es menor de 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula sobre normalidad de distribuciones de las variables  $x_i$ . La prueba indica que los coeficientes de correlación de Pearson pueden no representar bien las correlaciones. Por lo tanto, van a venir acompañados con los coeficientes de correlación de Spearman [53, 54].

La matriz de coeficientes de correlación lineal de Pearson ( $r_{xy}$ ) se presenta a continuación:

		Edad	Duración	Suma asegurada	Prima	IRR (excl. SII)	PM (excl. SII)	ROA (excl. SII)	EV (excl. SII)	IRR (SII)	PM (SII)	ROA (SII)	EV (SII)	SCR <sub>0</sub>	SCR <sub>36</sub>	SCR <sub>60</sub>	BEL <sub>0</sub>	BEL <sub>36</sub>	BEL <sub>60</sub>
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$
Edad	$x_1$	1,00	-0,29	-0,26	0,00	0,26	-0,02	0,43	0,08	0,26	-0,02	0,40	0,06	-0,17	-0,26	-0,28	0,14	0,07	-0,01
Duración	$x_2$	-0,29	1,00	0,70	0,00	-0,56	0,38	-0,70	-0,09	-0,50	0,38	-0,76	0,03	0,60	0,65	0,68	-0,54	-0,78	-0,49
Suma asegurada	$x_3$	-0,26	0,70	1,00	0,65	-0,01	0,64	-0,34	0,53	-0,20	0,64	-0,40	0,56	0,96	0,96	0,96	-0,94	-0,40	0,12
Prima	$x_4$	0,00	0,00	0,65	1,00	0,65	0,61	0,28	0,93	0,34	0,61	0,25	0,81	0,73	0,66	0,62	-0,76	0,36	0,79
IRR (excl. SII)	$x_5$	0,26	-0,56	-0,01	0,65	1,00	0,53	0,85	0,80	0,82	0,53	0,84	0,73	0,16	-0,01	-0,06	-0,26	0,59	0,75
PM (excl. SII)	$x_6$	-0,02	0,38	0,64	0,61	0,53	1,00	0,26	0,73	0,38	1,00	0,18	0,79	0,70	0,57	0,56	-0,77	-0,20	0,22
ROA (excl. SII)	$x_7$	0,43	-0,70	-0,34	0,28	0,85	0,26	1,00	0,44	0,90	0,26	1,00	0,48	-0,20	-0,40	-0,44	0,08	0,50	0,46
EV (excl. SII)	$x_8$	0,08	-0,09	0,53	0,93	0,80	0,73	0,44	1,00	0,51	0,73	0,40	0,90	0,67	0,55	0,51	-0,72	0,34	0,75
IRR (SII)	$x_9$	0,26	-0,50	-0,20	0,34	0,82	0,38	0,90	0,51	1,00	0,38	0,89	0,57	-0,05	-0,26	-0,29	-0,06	0,42	0,46
PM (SII)	$x_{10}$	-0,02	0,38	0,64	0,61	0,53	1,00	0,26	0,73	0,38	1,00	0,18	0,79	0,70	0,57	0,56	-0,77	-0,20	0,22
ROA (SII)	$x_{11}$	0,40	-0,76	-0,40	0,25	0,84	0,18	1,00	0,40	0,89	0,18	1,00	0,43	-0,26	-0,45	-0,49	0,15	0,56	0,48
EV (SII)	$x_{12}$	0,06	0,03	0,56	0,81	0,73	0,79	0,48	0,90	0,57	0,79	0,43	1,00	0,69	0,49	0,46	-0,79	0,08	0,52
SCR <sub>0</sub>	$x_{13}$	-0,17	0,60	0,96	0,73	0,16	0,70	-0,20	0,67	-0,05	0,70	-0,26	0,69	1,00	0,96	0,95	-0,99	-0,33	0,22
SCR <sub>36</sub>	$x_{14}$	-0,26	0,65	0,96	0,66	-0,01	0,57	-0,40	0,55	-0,26	0,57	-0,45	0,49	0,96	1,00	1,00	-0,91	-0,32	0,19
SCR <sub>60</sub>	$x_{15}$	-0,28	0,68	0,96	0,62	-0,06	0,56	-0,44	0,51	-0,29	0,56	-0,49	0,46	0,95	1,00	1,00	-0,90	-0,36	0,15
BEL <sub>0</sub>	$x_{16}$	0,14	-0,54	-0,94	-0,76	-0,26	-0,77	0,08	-0,72	-0,06	-0,77	0,15	-0,79	-0,99	-0,91	-0,90	1,00	0,31	-0,25

BEL <sub>36</sub>	x <sub>17</sub>	0,07	-0,78	-0,40	0,36	0,59	-0,20	0,50	0,34	0,42	-0,20	0,56	0,08	-0,33	-0,32	-0,36	0,31	1,00	0,84
BEL <sub>60</sub>	x <sub>18</sub>	-0,01	-0,49	0,12	0,79	0,75	0,22	0,46	0,75	0,46	0,22	0,48	0,52	0,22	0,19	0,15	-0,25	0,84	1,00

**Tabla:** Matriz de coeficientes de correlación de Pearson.  
Cálculos realizados en el paquete estadístico IBM SPSS.

Una primera observación sobre valores de la matriz de coeficientes de correlación de Spearman ( $r_s$ ) es que los coeficientes no difieren mucho a los coeficientes de Pearson ( $r_{xy}$ ):

		Edad	Duración	Suma asegurada	Prima	IRR (excl. SII)	PM (excl. SII)	ROA (excl. SII)	EV (excl. SII)	IRR (SII)	PM (SII)	ROA (SII)	EV (SII)	SCR <sub>0</sub>	SCR <sub>36</sub>	SCR <sub>60</sub>	BEL <sub>0</sub>	BEL <sub>36</sub>	BEL <sub>60</sub>
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>13</sub>	x <sub>14</sub>	x <sub>15</sub>	x <sub>16</sub>	x <sub>17</sub>	x <sub>18</sub>
Edad	x <sub>1</sub>	1,00	-0,26	-0,28	0,00	0,21	-0,01	0,40	0,06	0,16	-0,01	0,38	0,04	-0,15	-0,27	-0,28	0,12	0,06	-0,01
Duración	x <sub>2</sub>	-0,26	1,00	0,71	0,00	-0,54	0,36	-0,71	-0,16	-0,52	0,36	-0,81	-0,03	0,56	0,69	0,74	-0,48	-0,78	-0,48
Suma asegurada	x <sub>3</sub>	-0,28	0,71	1,00	0,64	0,08	0,66	-0,30	0,51	-0,12	0,66	-0,39	0,53	0,95	0,98	0,97	-0,92	-0,25	0,23
Prima	x <sub>4</sub>	0,00	0,00	0,64	1,00	0,64	0,58	0,31	0,87	0,36	0,58	0,27	0,79	0,75	0,63	0,57	-0,79	0,38	0,75
IRR (excl. SII)	x <sub>5</sub>	0,21	-0,54	0,08	0,64	1,00	0,51	0,82	0,86	0,77	0,51	0,81	0,77	0,30	0,07	0,00	-0,40	0,65	0,79
PM (excl. SII)	x <sub>6</sub>	-0,01	0,36	0,66	0,58	0,51	1,00	0,27	0,70	0,45	1,00	0,16	0,80	0,76	0,59	0,56	-0,82	-0,18	0,23
ROA (excl. SII)	x <sub>7</sub>	0,40	-0,71	-0,30	0,31	0,82	0,27	1,00	0,54	0,89	0,27	0,98	0,56	-0,11	-0,36	-0,43	-0,01	0,52	0,47
EV (excl. SII)	x <sub>8</sub>	0,06	-0,16	0,51	0,87	0,86	0,70	0,54	1,00	0,58	0,70	0,50	0,90	0,69	0,50	0,43	-0,76	0,45	0,79
IRR (SII)	x <sub>9</sub>	0,16	-0,52	-0,12	0,36	0,77	0,45	0,89	0,58	1,00	0,45	0,85	0,73	0,06	-0,21	-0,28	-0,20	0,33	0,40
PM (SII)	x <sub>10</sub>	-0,01	0,36	0,66	0,58	0,51	1,00	0,27	0,70	0,45	1,00	0,16	0,80	0,76	0,59	0,56	-0,82	-0,18	0,23
ROA (SII)	x <sub>11</sub>	0,38	-0,81	-0,39	0,27	0,81	0,16	0,98	0,50	0,85	0,16	1,00	0,48	-0,20	-0,44	-0,51	0,08	0,61	0,52
EV (SII)	x <sub>12</sub>	0,04	-0,03	0,53	0,79	0,77	0,80	0,56	0,90	0,73	0,80	0,48	1,00	0,70	0,47	0,40	-0,79	0,20	0,58
SCR <sub>0</sub>	x <sub>13</sub>	-0,15	0,56	0,95	0,75	0,30	0,76	-0,11	0,69	0,06	0,76	-0,20	0,70	1,00	0,95	0,92	-0,99	-0,13	0,37
SCR <sub>36</sub>	x <sub>14</sub>	-0,27	0,69	0,98	0,63	0,07	0,59	-0,36	0,50	-0,21	0,59	-0,44	0,47	0,95	1,00	0,99	-0,89	-0,21	0,26
SCR <sub>60</sub>	x <sub>15</sub>	-0,28	0,74	0,97	0,57	0,00	0,56	-0,43	0,43	-0,28	0,56	-0,51	0,40	0,92	0,99	1,00	-0,86	-0,28	0,18
BEL <sub>0</sub>	x <sub>16</sub>	0,12	-0,48	-0,92	-0,79	-0,40	-0,82	-0,01	-0,76	-0,20	-0,82	0,08	-0,79	-0,99	-0,89	-0,86	1,00	0,09	-0,42
BEL <sub>36</sub>	x <sub>17</sub>	0,06	-0,78	-0,25	0,38	0,65	-0,18	0,52	0,45	0,33	-0,18	0,61	0,20	-0,13	-0,21	-0,28	0,09	1,00	0,84
BEL <sub>60</sub>	x <sub>18</sub>	-0,01	-0,48	0,23	0,75	0,79	0,23	0,47	0,79	0,40	0,23	0,52	0,58	0,37	0,26	0,18	-0,42	0,84	1,00

**Tabla:** Matriz de coeficientes de correlación de Spearman.  
Cálculos realizados en el paquete estadístico IBM SPSS.

Las principales observaciones sobre relaciones entre las variables del modelo:

- No se observan substanciales diferencias en valores de coeficientes de correlación de Pearson y de Spearman. Entre las diferencias más pronunciadas se encuentran las correlaciones entre variables:

$$\text{EV (excl.. SII) / Prima, IRR (SII): } r_{xy}=0,57, r_s=0,84$$

$$BEL_0, BEL_{36}: r_{xy}=0,31, r_s=0,09$$

- La edad del asegurado no se relaciona de forma moderada o fuerte con ninguna medida de beneficio ni los requisitos de capital (SCR) o la mejor estimación (BEL).
- A medida que disminuye duración del contrato, se incrementan IRR y ROA, aunque no se observa una relación lineal con EV. Incremento de duración se relaciona con disminución de valor de BEL (por la razón de negativos valores del BEL), pero un incremento de SCR (por la razón de positivos valores del SCR).
- La suma asegurada tiene una moderada correlación positiva con el margen de beneficio (PM) y EV. Existe una muy fuerte correlación entre suma asegurada y SCR. Además, existe una muy fuerte correlación negativa entre la suma asegurada y BEL inicial ( $t=0$ ).
- La prima se relaciona fuerte o muy fuertemente con EV de manera positiva. Existe también una fuerte o moderada correlación positiva con SCR y una fuerte correlación negativa con el BEL inicial.
- Todas las medidas de beneficio calculadas en base a requisitos de capital basados en provisiones técnicas tradicionales (Solvencia I) y requisitos de capital de Solvencia II se relacionan de manera fuerte o muy fuerte en parejas, es decir, entre las mismas medidas. Correlación entre PM (excl. SII) y PM (SII) es 1 dado que los requisitos de capital no intervienen en la definición de esta medida de beneficio.
- Existe una muy fuerte correlación positiva entre SCR para instantes  $t=0$ ,  $t=36$  y  $t=60$ . Sin embargo, no se observa una correlación significativa entre los valores de BEL en varios instantes  $t=0$ ,  $t=36$  y  $t=60$ .
- Existe una fuerte correlación negativa entre SCR y BEL para el mismo instante  $t=0$ . Esta correlación está muy débil para  $t=36$  meses y para un  $t=60$  meses ya no se observa una correlación lineal entre variables:

<i>t</i>	<i>coeficiente</i>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>60</b>
<b>SCR<sub>t</sub>, BEL<sub>t</sub></b>	<i>Pearson</i>	-0,99	-0,32	0,15
	<i>Spearman</i>	-0,99	-0,21	0,18

Por la razón de observada fuerte correlación entre el EV y SCR con Prima, se proporciona también los coeficientes de correlación lineal de Pearson para variables EV y SCR normalizadas según valor de la prima. Para las variables normalizadas destaca:

- muy fuerte correlación positiva entre SCR y duración.
- más clara relación positiva entre EV y otras medidas de beneficio.

		<i>Coefficiente de correlación de Pearson</i>					<i>Coefficiente de correlación de Spearman</i>				
		EV (excl. SII) / Prima	EV (SII) / Prima	SCR <sub>0</sub> / Prima	SCR <sub>36</sub> / Prima	SCR <sub>60</sub> / Prima	EV (excl. SII) / Prima	EV (SII) / Prima	SCR <sub>0</sub> / Prima	SCR <sub>36</sub> / Prima	SCR <sub>60</sub> / Prima
		x <sub>19</sub>	x <sub>20</sub>	x <sub>21</sub>	x <sub>22</sub>	x <sub>23</sub>	x <sub>19</sub>	x <sub>20</sub>	x <sub>21</sub>	x <sub>22</sub>	x <sub>23</sub>
Edad	x <sub>1</sub>	0,16	0,10	-0,27	-0,37	-0,38	0,13	0,08	-0,25	-0,39	-0,40
Duración	x <sub>2</sub>	-0,18	0,02	0,94	0,93	0,93	-0,23	-0,02	0,95	0,93	0,93
Suma asegurada	x <sub>3</sub>	0,35	0,36	0,69	0,64	0,65	0,35	0,29	0,72	0,66	0,66
Prima	x <sub>4</sub>	0,73	0,50	0,04	-0,02	-0,01	0,71	0,46	0,07	-0,01	-0,01
IRR (excl. SII)	x <sub>5</sub>	0,87	0,66	-0,41	-0,58	-0,57	0,91	0,65	-0,40	-0,55	-0,55
PM (excl. SII)	x <sub>6</sub>	0,79	0,78	0,46	0,25	0,27	0,74	0,77	0,46	0,23	0,24
ROA (excl. SII)	x <sub>7</sub>	0,56	0,55	-0,58	-0,79	-0,79	0,62	0,61	-0,65	-0,82	-0,81
EV (excl. SII)	x <sub>8</sub>	0,90	0,65	0,02	-0,10	-0,09	0,93	0,65	-0,02	-0,17	-0,16
IRR (SII)	x <sub>9</sub>	0,57	0,57	-0,37	-0,58	-0,57	0,65	0,84	-0,42	-0,61	-0,60
PM (SII)	x <sub>10</sub>	0,79	0,78	0,46	0,25	0,27	0,74	0,77	0,46	0,23	0,24
ROA (SII)	x <sub>11</sub>	0,51	0,49	-0,64	-0,83	-0,83	0,59	0,51	-0,75	-0,88	-0,88
EV (SII)	x <sub>12</sub>	0,83	0,86	0,16	-0,07	-0,07	0,86	0,88	0,09	-0,11	-0,11
SCR <sub>0</sub>	x <sub>13</sub>	0,51	0,48	0,67	0,58	0,58	0,56	0,46	0,64	0,53	0,54
SCR <sub>36</sub>	x <sub>14</sub>	0,37	0,26	0,68	0,69	0,69	0,36	0,21	0,73	0,70	0,71
SCR <sub>60</sub>	x <sub>15</sub>	0,34	0,24	0,71	0,72	0,72	0,29	0,16	0,78	0,76	0,76
BEL <sub>0</sub>	x <sub>16</sub>	-0,58	-0,59	-0,61	-0,49	-0,49	-0,64	-0,56	-0,56	-0,43	-0,44
BEL <sub>36</sub>	x <sub>17</sub>	0,28	-0,11	-0,79	-0,68	-0,68	0,39	-0,03	-0,74	-0,68	-0,67
BEL <sub>60</sub>	x <sub>18</sub>	0,61	0,23	-0,44	-0,41	-0,41	0,68	0,24	-0,40	-0,40	-0,40
EV (excl. SII) / Prima	x <sub>19</sub>	1,00	0,76	-0,01	-0,18	-0,17	1,00	0,73	-0,04	-0,22	-0,22
EV (SII) / Prima	x <sub>20</sub>	0,76	1,00	0,19	-0,12	-0,12	0,73	1,00	0,11	-0,13	-0,12
SCR <sub>0</sub> / Prima	x <sub>21</sub>	-0,01	0,19	1,00	0,93	0,93	-0,04	0,11	1,00	0,95	0,95
SCR <sub>36</sub> / Prima	x <sub>22</sub>	-0,18	-0,12	0,93	1,00	1,00	-0,22	-0,13	0,95	1,00	1,00
SCR <sub>60</sub> / Prima	x <sub>23</sub>	-0,17	-0,12	0,93	1,00	1,00	-0,22	-0,12	0,95	1,00	1,00

#### 4.5. Clasificación de pólizas en subconjuntos homogéneos

Clasificar los elementos de un conjunto finito consiste en realizar una partición del conjunto en subconjuntos homogéneos, siguiendo un determinado criterio de clasificación [17]. El procedimiento de partición de  $\Omega$  sobre  $m$  clases de equivalencia se llama *clustering* y los subconjuntos que se recibe en el procedimiento – *clústeres* o conglomerados:

$$\Omega = c_1 + c_2 + \dots + c_m$$

Entre los procedimientos de partición podemos definir los métodos jerárquicos y no jerárquicos. Los métodos jerárquicos permiten obtener una sucesión de las agrupaciones (*clústeres*) tal que cada agrupación se obtiene agrupando conjuntos. Estos método se suele aplicar cuando se trata de un limitado número de observaciones. Además, los métodos jerárquicos no requieren definir a priori el número de conglomerados. En contraste, los métodos no jerárquicos no requieren el cálculo de todas posibles distancias y por lo tanto facilitan agrupaciones de un elevado número de observaciones (variables cuantitativas). Sin embargo, requieren definir a priori el número de conglomerados. Para facilitar la interpretación de los resultados, en caso de este análisis se prefiere trabajar con un número de agrupaciones que no supere a 3 conglomerados.

Para agrupar un número bastante elevado de 1140 pólizas según sus similitudes en cuanto al beneficio y requisitos de capital de Solvencia II se decide aplicar los métodos no jerárquicos. Los dos parámetros de pólizas que tienen más importancia para una compañía aseguradora al introducir un producto a la venta es el beneficio representado por el *embedded value* y los requisitos de capital, los dos medidos al momento  $t=0$ . Por lo tanto, se decide realizar las agrupaciones de las pólizas en base de estas dos características.

Las agrupaciones se realizan en el Paquete estadístico *IBM SPSS Statistics 21*, mediante el procedimiento de *Clasificación en conglomerados de K-medias*. La clasificación se basa en algoritmo que minimiza las distancias euclídeas de los casos (pólizas) y sus centros de conglomeración.

Para una matriz de datos  $X = \begin{pmatrix} x'_1 \\ \vdots \\ x'_n \end{pmatrix}$ , la distancia euclídea entre las filas  $i$  y  $j$  de esta matriz:  $x'_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})$  y  $x'_j = (x_{j1}, \dots, x_{jp})$  definimos como [3]:

$$d_E(i, j) = \sqrt{\sum_{h=1}^p (x_{ih} - x_{jh})^2}$$

En el procedimiento de agrupación en base a la distancia euclídea es importante que las variables tengan la misma escala. Además, se debe tener en cuenta que la distancia euclídea asume que no existen correlaciones entre variables, es decir, la matriz de correlación es una matriz identidad.

Esta condición no se verifica en caso aso de las variables  $x_{12}$ : EV\_CR y  $x_{13}$ : SCR<sub>0</sub>. El coeficiente de correlación de Pearson entre estas variables es de 0,69 lo que ya significa una importante correlación lineal. Esta correlación disminuye significante al estandarizar las variables por valor de prima mensual (variables  $x_{20}$ : EV\_CR\_Prima y  $x_{22}$ : SCR<sub>0</sub>\_Prima). Para las variables estandarizadas  $x_{20}$  y  $x_{22}$  podemos asumir que no existe correlación entre variables ( $r_{x_{20}, x_{22}} = -0,12$ ). Sin embargo, las dos agrupaciones tienen sentido por lo que se decide plantear dos problemas:

- Problema 1: Qué características comunes tienen las pólizas similares en cuanto a los iniciales (para  $t=0$ ) el *embedded value* y los requisitos de capital de Solvencia II, medidos por 1 Euro de prima mensual?
- Problema 2: Qué características comunes tienen las pólizas similares en cuanto a los iniciales (para  $t=0$ ) el *embedded value* y los requisitos de capital de Solvencia II, medidos en nivel de 1 póliza?

#### 4.5.1. Agrupación de pólizas para el Problema 1

Mediante la agrupación según similitudes de pólizas en valores de *embedded value* y los requisitos de capital de Solvencia II al inicio ( $t=0$ ), los dos medidos por 1 Euro de prima mensual, se recibe tres conjuntos de pólizas representados por los siguientes centros:

	Clúster		
	1	2	3
$EV^{CR}$ \ Prima mensual	2,32	5,72	4,50
$SCR_0$ \ Prima mensual	12,25	17,57	7,84

**Tabla:** Centros de los conglomerados.  
Cálculos realizados en el paquete estadístico IBM SPSS.

Los clústeres están formados por el siguiente número de pólizas:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
351	244	545

**Tabla:** Número de pólizas en clústeres.  
Cálculos realizados en el paquete estadístico IBM SPSS.

Una primera indicación de las características de cada conglomerado proporcionan las medias aritméticas de variables para cada uno de los tres conglomerados, respecto a las medias aritméticas globales:

Variable	Clúster			TOTAL
	1	2	3	
<i>Sexo</i>	0,36	0,70	0,50	0,50
<i>Edad</i>	35,00	33,29	40,28	37,16
<i>Duración</i>	22,07	27,95	12,36	18,68
<i>Suma asegurada</i>	46 712	68 764	24 783	40 948
<i>Prima</i>	191	213	200	200
$IRR^{CR}$	15,0%	28,9%	62,9%	40,9%
$PM^{CR}$	11,1%	12,8%	10,6%	11,2%
$ROA^{CR}$	1,6%	1,6%	3,1%	2,3%
$EV^{CR}$	530,20	1270,76	972,94	900,37
$SCR_0$	2326,55	3733,86	1579,62	2270,68
$SCR_{36}$	1633,64	2257,93	858,16	1396,53
$SCR_{60}$	1657,78	2307,25	773,86	1374,22
$BEL_0$	-2495,85	-4265,83	-1968,09	-2622,38
$BEL_{36}$	936,95	-315,97	1670,38	1019,41
$BEL_{60}$	2968,03	2090,08	3847,55	3200,59

**Tabla:** Medias aritméticas de variables para cada clúster. Elaboración propia.

Se observa las siguientes características de distintos grupos de pólizas (clústeres):

- Grupo 1: pólizas con más bajo el *embedded value* y medios requisitos de capital de Solvencia II al  $t=0$ .

Este grupo está formado por contratos de larga duración (20 años), medias sumas aseguradas, mayor proporción de hombres.

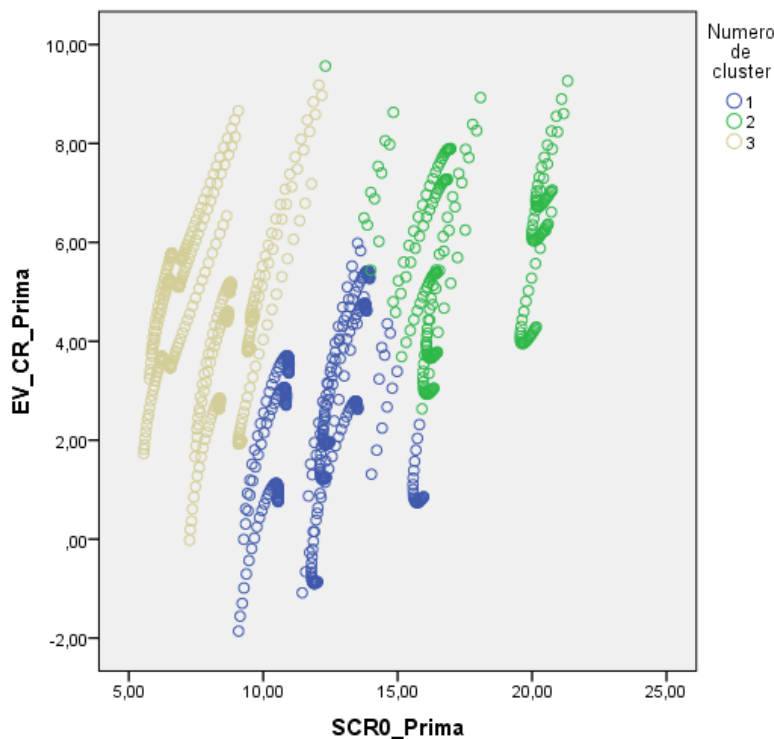
- Grupo 2: pólizas con más alto el *embedded value* y más altos requisitos de capital de Solvencia II al  $t=0$ .

Este grupo está formado por contratos de muy larga duración (25-30 años), más altas sumas aseguradas en relación al nivel de prima (relacionado a más baja edad media y más alta duración media), mayor proporción de mujeres.

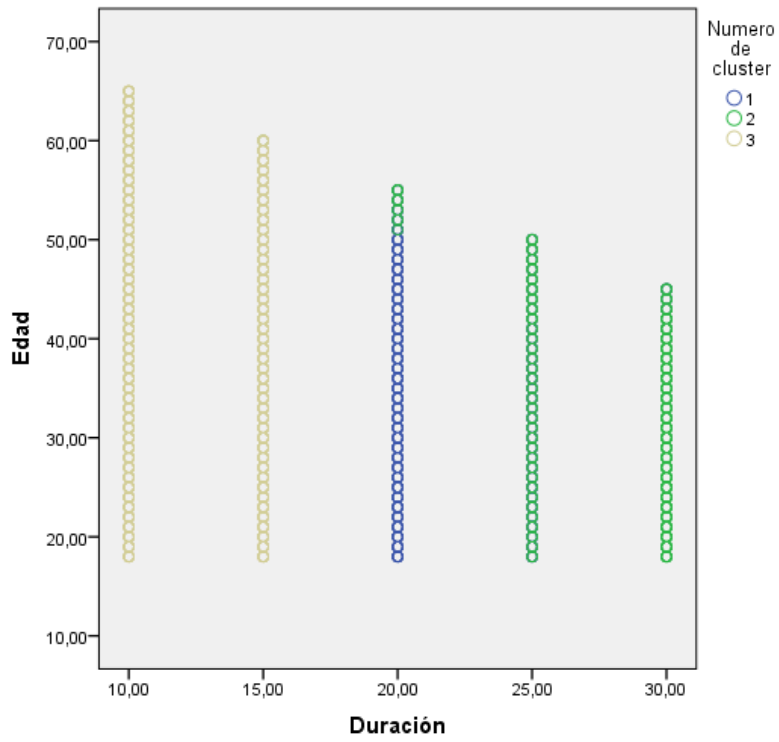
- Grupo 3: pólizas con medio o alto el *embedded value* y más bajos requisitos de capital de Solvencia II al  $t=0$ .

Este grupo está formado por contratos de media duración (10-15 años), más bajas sumas aseguradas en relación al nivel de prima (relacionado a más alta edad media y más baja duración media). Destaca también más alto retorno sobre activos (ROA) por alto beneficio y más bajos requisitos de capital.

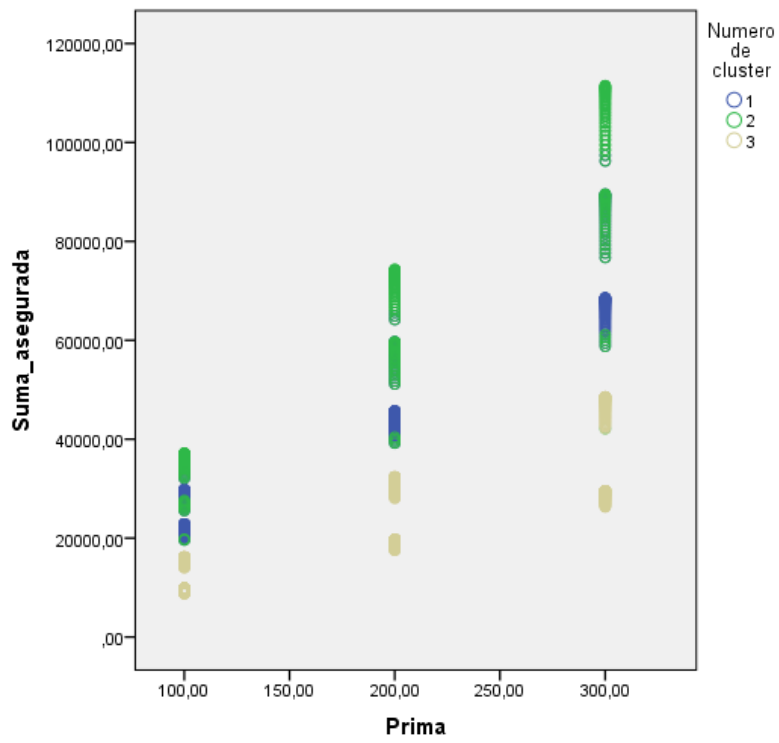
Estas características podemos confirmar observado los siguientes gráficos de dispersión para las tres conglomeraciones:



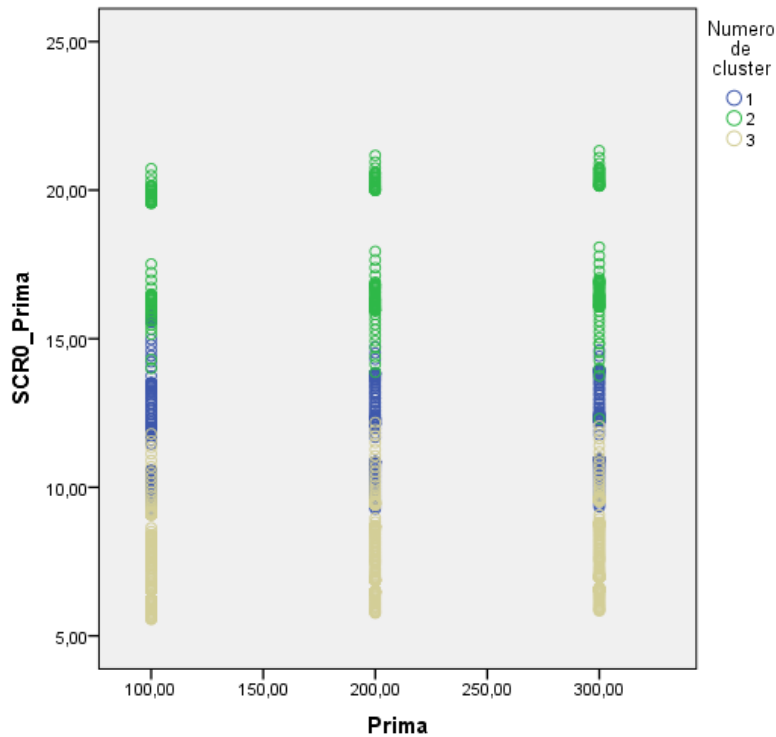
**Gráfico:** Dispersión de pólizas en relación a variables EV\_CR\_Prima y SCR0\_Prima.  
Elaboración propia en IMB SPSS



**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables Duración y Edad.*  
*Elaboración propia en IMB SPSS*



**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables Prima y Suma asegurada*  
*Elaboración propia en IMB SPSS*



**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables Prima y SCR0\_Prima. Elaboración propia en IBM SPSS*

#### 4.5.2. Agrupación de pólizas para el Problema 2

Agrupación de pólizas según el *embedded value* incluyendo los requisitos de capital ( $EV^{CR}$ ) y los requisitos de capital de Solvencia II al inicio del contrato ( $SCR_0$ ), permite recibir tres conjuntos de pólizas representados por los siguientes centros:

	Clúster		
	1	2	3
$EV^{CR}$	1161,64	1740,10	461,56
$SCR_0$	2686,65	4753,97	1246,29

**Tabla:** *Centros de los conglomerados. Cálculos realizados en el paquete estadístico IBM SPSS.*

Los clústeres tienen el siguiente tamaño en cuanto al número de las pólizas:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
426	158	556

**Tabla:** *Número de pólizas en clústeres. Cálculos realizados en el paquete estadístico IBM SPSS.*

Una primera indicación de las características de cada conglomerado proporcionan medias aritméticas de las variables para cada uno de los tres conglomerados respecto a las medias aritméticas globales:

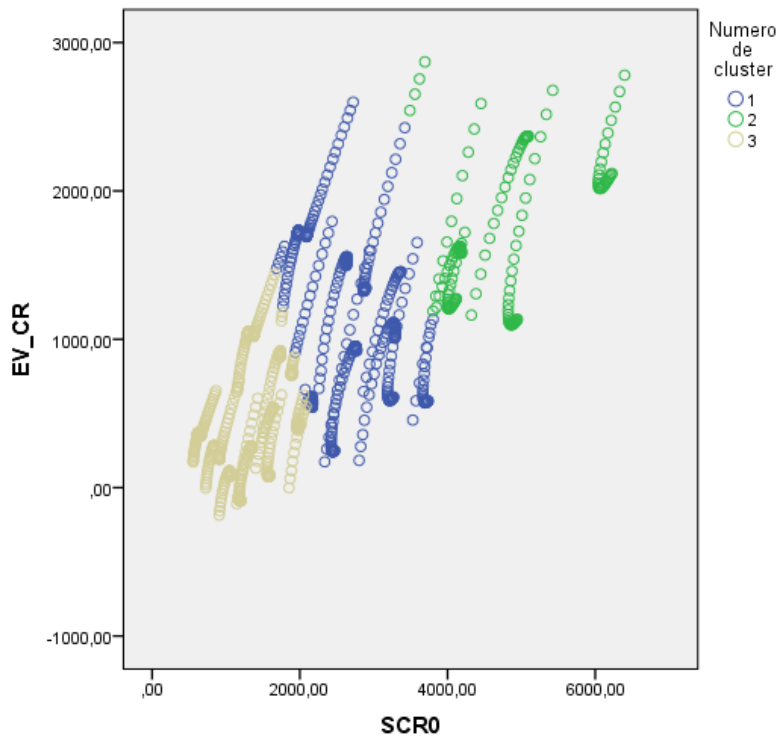
Variable	Clúster			TOTAL
	1	2	3	
<i>Sexo</i>	0,49	0,66	0,47	0,50
<i>Edad</i>	37,39	33,83	37,93	37,16
<i>Duración</i>	18,09	27,06	16,76	18,68
<i>Suma asegurada</i>	48 143	87 689	22 153	40 948
<i>Prima</i>	258	282	132	200
<i>IRR<sup>CR</sup></i>	53,5%	33,3%	33,4%	40,9%
<i>PM<sup>CR</sup></i>	12,0%	13,3%	10,1%	11,2%
<i>ROA<sup>CR</sup></i>	2,5%	1,8%	2,3%	2,3%
<i>EV<sup>CR</sup></i>	1161,64	1740,10	461,56	900,37
<i>SCR<sub>0</sub></i>	2686,65	4753,97	1246,29	2270,68
<i>SCR<sub>36</sub></i>	1675,93	2872,05	763,15	1396,53
<i>SCR<sub>60</sub></i>	1642,55	2926,90	727,39	1374,22
<i>BEL<sub>0</sub></i>	-3102,61	-5465,62	-1446,46	-2622,38
<i>BEL<sub>36</sub></i>	1603,89	-249,45	932,17	1019,41
<i>BEL<sub>60</sub></i>	4418,01	2909,10	2350,66	3200,59

**Tabla:** Medias aritméticas de variables para cada clúster. Elaboración propia.

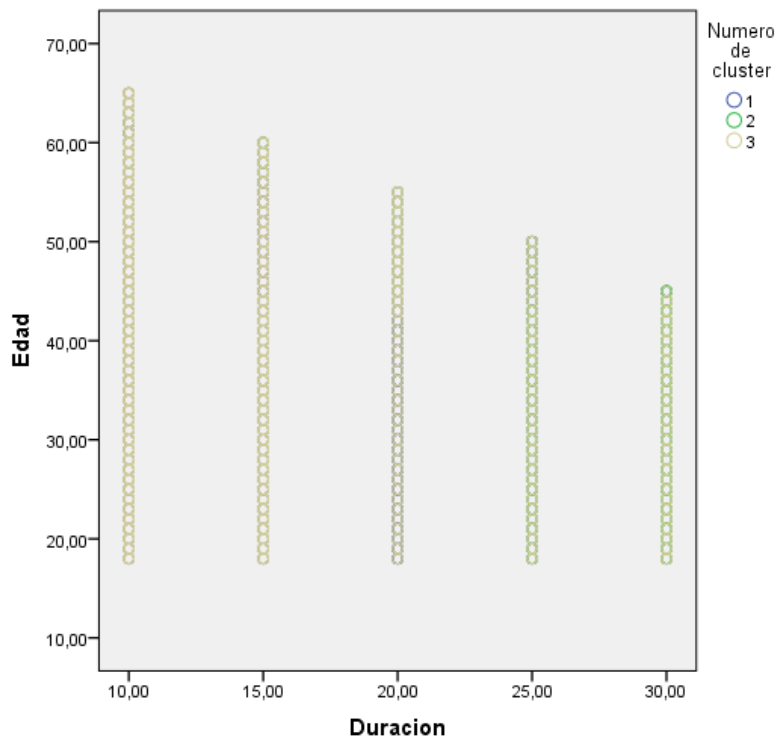
Las características de los nuevos grupos homogéneos de pólizas (clústers) serían:

- **Grupo 1:** pólizas con medio nivel del *embedded value* y medios requisitos de capital de Solvencia II al  $t=0$ .  
Este grupo está formado por pólizas para todas las duraciones del contrato y edades de asegurados; primas y sumas aseguradas medias o altas.
- **Grupo 2:** pólizas con más alto el *embedded value* y más altos requisitos de capital de Solvencia II al  $t=0$ .  
Este grupo está formado por pólizas para todas las duraciones del contrato (aunque la media duración es de 27 años) y edades de asegurados, pero primas y sumas aseguradas más altas. Destaca más alta proporción de mujeres.
- **Grupo 3:** pólizas con más bajo el *embedded value* y más bajos requisitos de capital de Solvencia II al  $t=0$ .  
Este grupo está formado por pólizas para todas las duraciones del contrato y edades de asegurados, pero primas y sumas aseguradas más bajas.

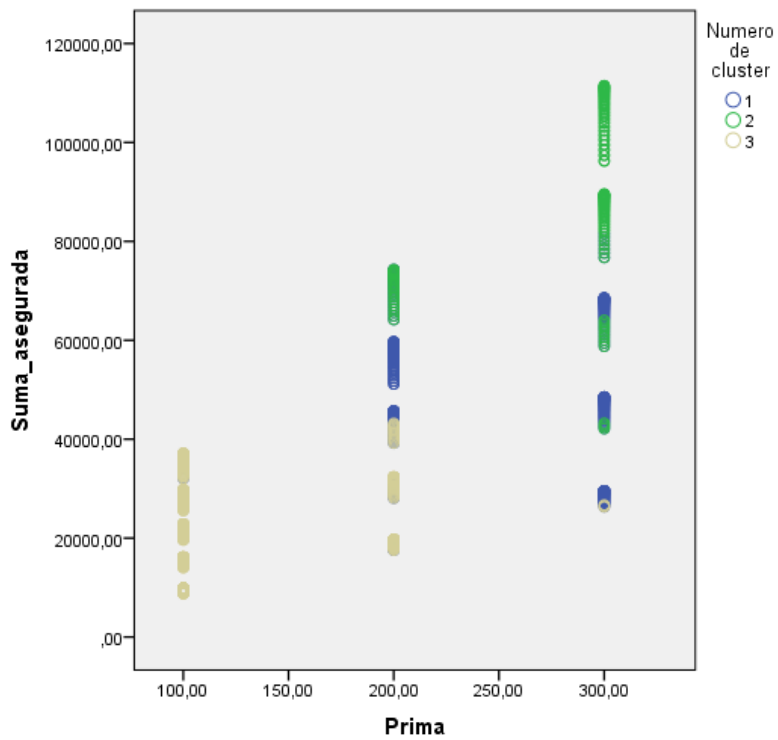
Estas características podemos confirmar observando los siguientes gráficos de dispersión para las tres conglomeraciones:



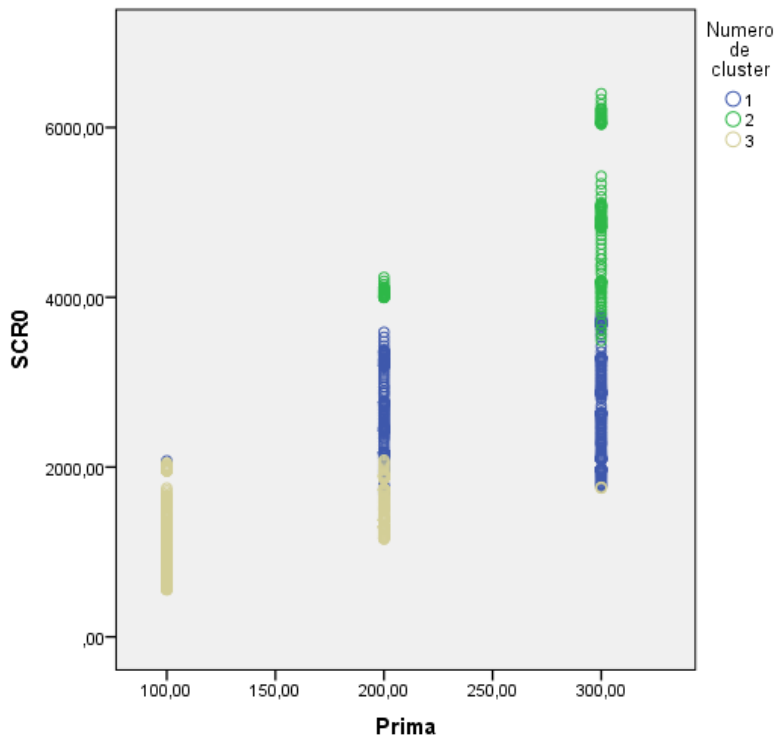
**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables  $EV^{CR}$  y  $SCR_0$ .*  
Elaboración propia en IMB SPSS



**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables Duración y Edad.*  
Elaboración propia en IMB SPSS



**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables Prima y Suma asegurada.*  
*Elaboración propia en IMB SPSS*

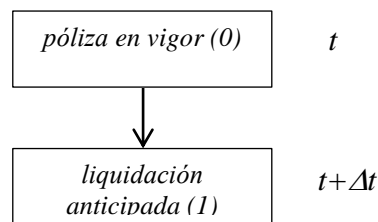


**Gráfico:** *Dispersión de pólizas en relación a variables Prima y SCR<sub>0</sub>.*  
*Elaboración propia en IMB SPSS*

## 5. MODELIZACIÓN ESTOCÁSTICA DE LOS FLUJOS DE CAJA

### 5.1. Definición de un proceso estocástico

Con el fin de calcular los requisitos de capital de Solvencia II, se quiere analizar el valor de la mejor estimación bajo escenarios que describan la posible volatilidad de las tasas de caída de cartera en un año  $t$ , para cada  $n$  posibles años de duración del contrato. En un año  $t$ , los posibles *estados* de póliza son: 0 – póliza en vigor, 1– liquidación anticipada de póliza. No es posible volver del *estado* 1 al *estado* 0. Se ignoran otros posibles estados relacionados con la terminación del contrato tales como supervivencia, muerte o diagnóstico del cáncer, que están cubiertos en supuestos sobre supervivencia, mortalidad o morbilidad y no son sujetos de este análisis.



A la tasa de liquidación anticipada (o tasa de caídas de cartera) en un año  $t$ , podemos llamarla la variable  $X_t$ . La variable  $X_t$  viene descrita por la probabilidad de transición del *estado* 0 (póliza en vigor) al *estado* 1 (liquidación anticipada de póliza). Se puede definir un proceso estocástico  $X$  a partir de las variables aleatorias  $X_t$ , que tiene *estados* definidos en el espacio de *estados* de póliza  $S$  sobre el conjunto de  $T$  años de la póliza [1;30].

Tenemos un espacio probabilístico  $(\Omega, A, P)$  que satisface los axiomas de Kolmogorov, un espacio de medida  $(s, S)$  y un conjunto  $T$ . Entonces una familia  $\{X_t: t \in T\}$  de variables aleatorias es un proceso estocástico  $X$  sobre  $(\Omega, A, P)$  con estados definidos en el espacio  $S$  y sobre el conjunto  $T$  [38, 39]:

$$X_t: (\Omega, A, P) \rightarrow (s, S), \omega \rightarrow X_t(\omega)$$

La correspondiente trayectoria del proceso definimos para cada  $\omega \in \Omega$  como una función  $t \rightarrow X_t(\omega)$  definida sobre el conjunto  $T$  con valores en el espacio  $S$ .

A continuación asumimos que  $T$  es un subconjunto de  $R$  y  $S = R$ . Entonces el parámetro  $t$  podemos entender como el tiempo.

La variable aleatoria  $X_t$  del espacio probabilístico  $(\Omega, A, P)$  tiene un valor esperado  $E[X]$  y varianza  $\text{Var}[X]$ . Las dos distribuciones empleadas en el cálculo de los escenarios estocásticos son las siguientes:

- distribución normal: una variable aleatoria está distribuida normalmente,  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , si tiene la función de densidad de probabilidad:

$$f_{\mu, \sigma^2}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \text{ siendo el valor esperado } \mu \text{ y la varianza } \sigma^2;$$

- distribución uniforme continua: una variable aleatoria está distribuida uniformemente,  $X \sim U(a, b)$ , entre los puntos  $a$  y  $b$  si tiene la función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{para } x < a \text{ o } x > b \end{cases}, \text{ siendo el valor esperado (media) } m_1 = \frac{a+b}{2} \text{ y}$$

la varianza  $m_2 - m_1^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$ . Si  $a=0$  y  $b=1$  entonces se trata de la distribución uniforme estándar  $U(0,1)$ .

## 5.2. Supuestos para el análisis estocástico

Se ha realizado una simulación estocástica de 10.000 escenarios de liquidación de pólizas en cada uno de los  $t$  años de duración de contrato, asumiendo una distribución normal de las tasas de liquidaciones de pólizas en cada  $t$  año,  $N(\bar{x}_t, \sigma_t^2)$ , y una componente estocástica  $e_t$ , donde:

- el parámetro  $t$  describe el número del año de póliza, dependiendo de la posible duración  $n$  del contrato;  $n \in [10; 30]$  y  $t \in [1; 30]$ ;
- la media tasa de liquidación en el año  $t$  ( $\bar{x}_t$ ) es igual a la tasa de liquidación esperada asumida para el cálculo de la mejor estimación (BEL) en el *profit testing*;
- la varianza de la tasa de liquidación en el año  $t$  ( $\sigma_t^2$ ) es igual a  $\sigma_t^2 = \frac{\bar{x}_t^2}{k^2}$ ;
- el parámetro  $k$  toma valores de números enteros del intervalo  $[3;5]$ , dependiendo del grupo de escenarios;

- la componente estocástica en el año  $t$  ( $e_t$ ) es igual a  $\frac{\pm\sqrt{\sigma_t^2}}{2} \cdot u$ , con el factor  $u$  correspondiendo a una distribución uniforme continua en el intervalo  $[0;1]$  generada por el programa; los valores de  $e_t$  son independientes del tiempo  $t$  y los incrementos de esta componente son independientes entre sí;
- en ningún caso se permite una tasa de liquidación en el año  $t$  negativa;
- si excluimos la componente  $e_t$ , dependiendo de si para cada año  $t$  del escenario  $i$  los valores de las tasa de liquidación estén generados por la misma función de densidad de probabilidad o por una distinta, se puede estudiar dos situaciones:
  1. analizar el impacto de una continua subida o una continua bajada cuando las observaciones para los años  $t$  y  $t+1$  corresponden a los mismos valores de la función de distribución de probabilidad (resultados presentados en el apartado 5.3.1);
  2. asumir plena independencia de las observaciones de liquidación anticipada de contratos para cada año  $t$ , cuando las observaciones para los años  $t$  y  $t+1$  corresponden a distintos valores de la función de distribución de probabilidad (resultados presentados en el apartado 5.3.2).

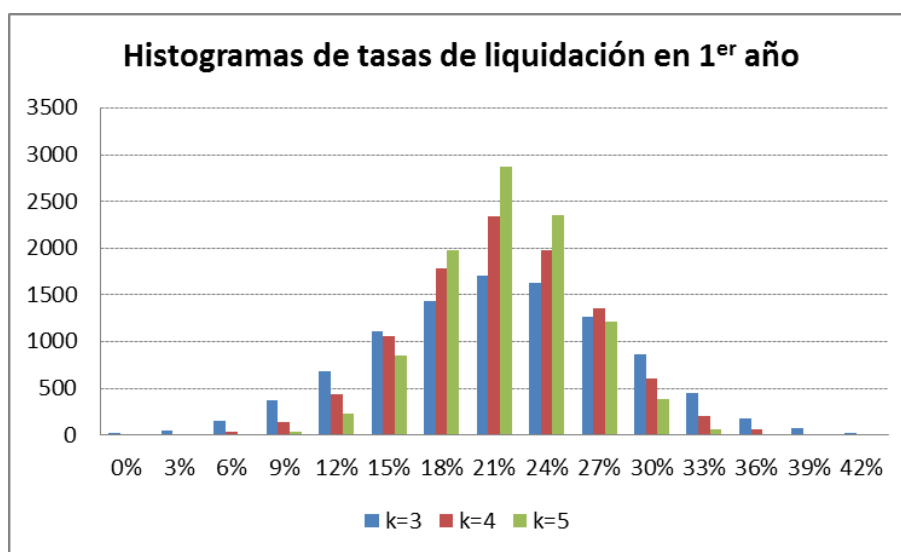
Los pasos empleados en generación de los  $i \in [1; 10.000]$  escenarios sobre la variabilidad de las tasas de liquidación en cada año  $t$  se resumen en la tabla que se presenta a continuación:

<i>paso (1)</i>	<i>paso (2)</i>	<i>paso (3)</i>	
para cada $i$ generar de $U(0,1)$ un valor $u_i$	para cada $i, t, \bar{x}_t$ y $\sigma_t^2$ calcular $X_{t,i}$ asumiendo que sigue la distribución normal y que su función de densidad de probabilidad es $u_i$ (del paso 1)	para $i, t$ , valor de (paso 2) incrementar con $e_t$	incluido impacto de continuas bajadas/subidas + componente estocástico $e_t$ (apartado 5.3.1)
para cada $i$ y cada $t$ generar de $U(0,1)$ un valor $u_{it}$	para cada $i, t, \bar{x}_t$ y $\sigma_t^2$ calcular $X_{t,i}$ asumiendo que sigue la distribución normal y que su función de densidad de probabilidad es $u_{it}$ (del paso 1)		plena independencia de tasas de liquidación entre $t$ y $t+1$ (apartado 5.3.2)

**Tabla:** Pasos en generación de escenarios sobre tasas de liquidación para escenarios que incluyen (5.3.1) o excluyen (5.3.2) las continuas subidas/bajadas de la tasa de liquidación

La razón de emplear tres distintos niveles del parámetro  $k$  (3, 4 o 5) es observar la sensibilidad de la solución respecto al nivel de la desviación de las tasas de caídas de cartera. Cuando menor sea el parámetro  $k$ , la cola de distribución normal de la tasa de liquidaciones será más ancha, lo que influirá en los parámetros del  $VaR_\alpha$  calibrados al 99,50%.

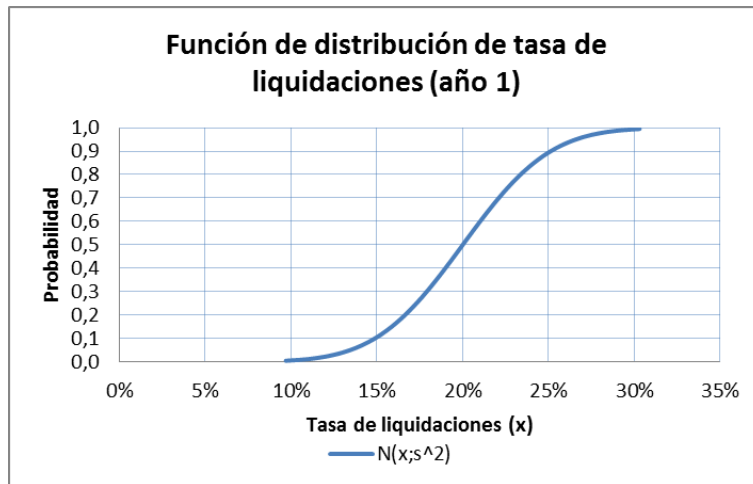
Una ilustración del impacto de los distintos valores del parámetro  $k$  sobre la distribución de las tasas de liquidación aparece en el siguiente histograma. La ilustración está preparada en base de escenarios de continua subida o bajada de las tasas, incluyendo el parámetro estocástico  $e_t$ .



**Gráfico:** Distribución de probabilidad para la tasa de liquidaciones de pólizas durante el primer año del contrato. Elaboración propia.

Como resultado de la simulación de las anteriores tasas de caída de cartera, se construyen tres tablas de las tasas (para cada  $k$ ), cada una de  $10.000 \times 30$  elementos que corresponden a las tasas de liquidación para las posibles  $n \in [10; 30]$  duraciones del contrato.

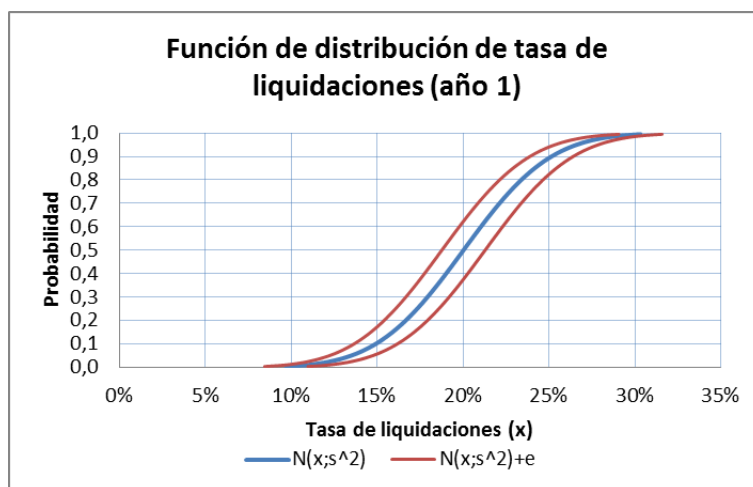
La función de distribución normal de las tasas de liquidación para el primer año de pólizas tiene la siguiente representación gráfica:



**Gráfico:** Distribución de probabilidad para la tasa de liquidaciones de pólizas durante el primer año del contrato. Elaboración propia.

La componente estocástica ( $e_t$ ) asumida para el estudio perturba a la función de distribución simétricamente a la izquierda o a la derecha con un movimiento aleatorio

en el intervalo  $\left[ -\frac{\sqrt{\sigma_t^2}}{2}; \frac{\sqrt{\sigma_t^2}}{2} \right]$ .



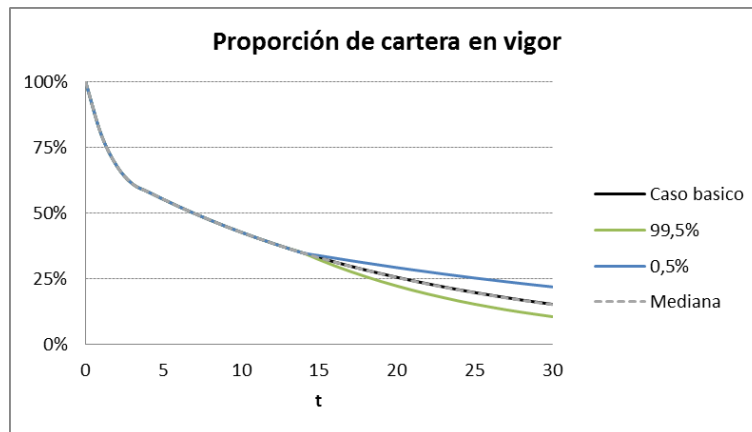
**Gráfico:** Distribución de probabilidad para la tasa de liquidaciones de pólizas durante el primer año del contrato. Elaboración propia.

Con el fin de calcular los requisitos de capital de Solvencia II (SCR) se realiza el cálculo de la mejor estimación bajo escenarios estocásticos ( $BEL_{stoc}$ ) para  $18=2 \times 3 \times 3$  casos, es decir, para cada  $k=3$  parámetros, el asegurado de edad 40, con una prima mensual de 200 Euros, dos géneros y la duración del contrato de 10, 20 y 30 años.

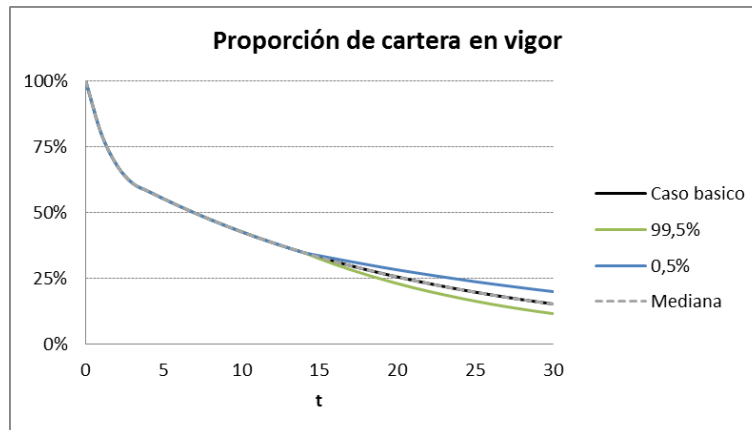
Similarmente al caso del cálculo de los requisitos de capital mediante la fórmula estándar, el cálculo de la mejor estimación bajo escenarios estocásticos ( $BEL_{stoc}$ ) para cada  $t$  año se realiza asumiendo que las tasas de liquidación correspondientes al pasado son las tasas de liquidación medias ( $\bar{x}_t$ ) asumidas para el cálculo de la mejor estimación. Los escenarios estocásticos corresponden por lo tanto solamente al futuro de la proyección.

Los gráficos que se muestran a continuación permiten observar la posible proyección de la proporción de cartera en vigor respecto a los contratos de duración de 30 años, desde la perspectiva del 15º año del contrato, para tres posibles niveles del parámetro  $k$  :

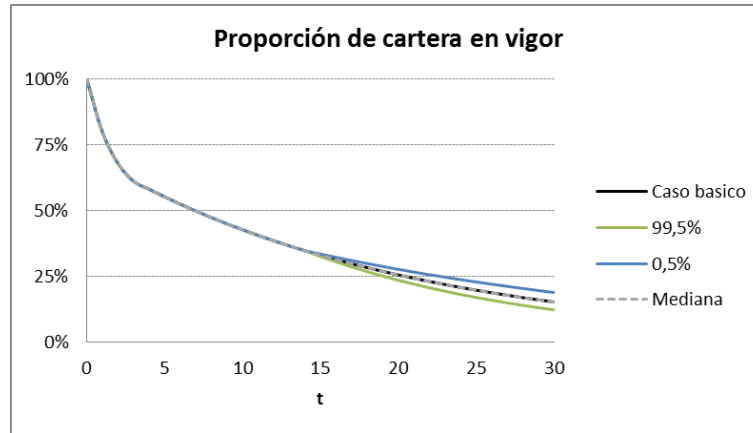
$k=3$



$k=4$



$k=5$



**Gráfico:** Proyección de la proporción de cartera en vigor desde el 15º año, para distintos valores del parámetro  $k$ . Elaboración propia.

Se comprueba que la mediana de las proyecciones corresponde a los supuestos asumidos en el cálculo de la mejor estimación, es decir, a  $\bar{x}_t$ . Cuando mayor es el parámetro  $k$ , las líneas de 0,5 y 99,5 percentiles de la proyección se alejan menos de la mediana.

Se observa además, que las proyecciones de 99,5% percentiles se alejan en la siguiente proporción desde los valores medios  $\bar{x}_t$ :

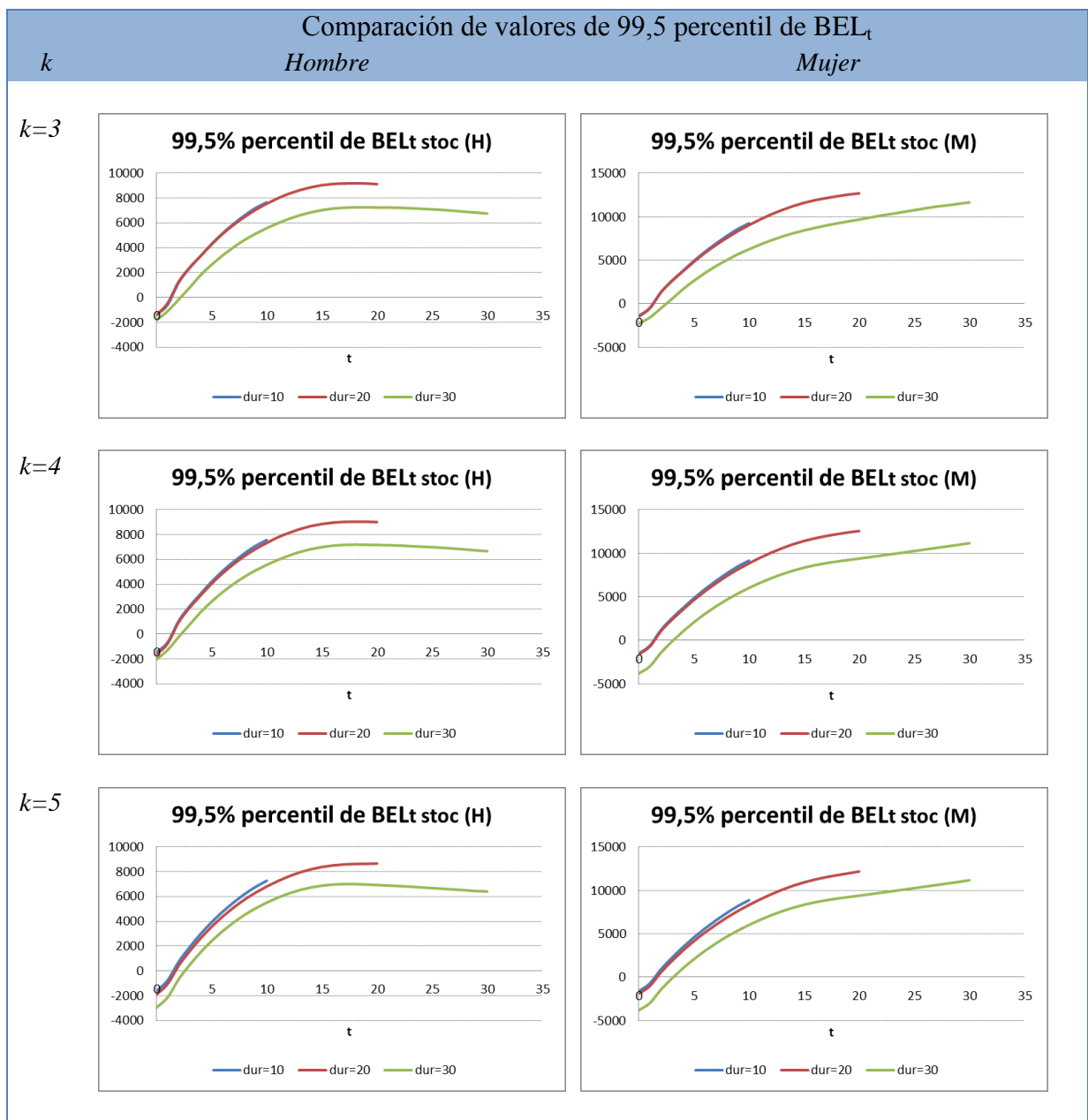
$k=3$	89% de $\bar{x}_t$
$k=4$	67% de $\bar{x}_t$
$k=5$	53% de $\bar{x}_t$

En uno de los documentos técnicos [28], EIOPA proporciona la información de que la fórmula estándar fue calibrada en base de un estudio realizado para el mercado británico de seguros de vida por British FSA, que muestreaba la distribución simétrica de la tasa de liquidaciones. El estudio británico no cubría los escenarios de continua subida ni de continua bajada. Se menciona también un estudio del mercado de seguros de vida polaco que indica que los 99,5-percentiles de las tasas de liquidación anuales varían respecto a la tasa media entre un 60% y un 100% para los escenarios de subida y entre un 60% y un 90% para los escenarios de bajada de las tasas de liquidación.

### 5.3. Análisis del impacto de modelización estocástica de provisiones técnicas

#### 5.3.1. Cálculo del SCR bajo escenarios de continua subida o bajada de las tasas de liquidación

A continuación se proporcionan los resultados de una comparación de los 99,5-percentiles del BEL calculados para los escenarios estocásticos de las tasas de liquidación, analizados según los niveles del parámetro  $k$ , la duración del contrato y el género:

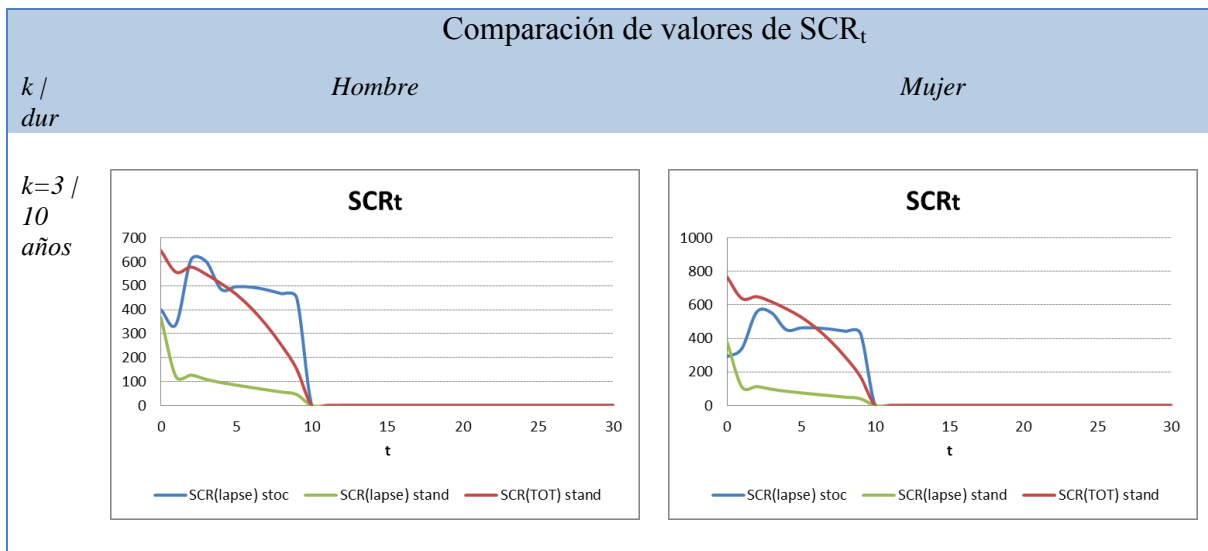


Se observa que los valores de  $BEL_{stoc}$  calculados para duraciones de 10 y 20 años tienen valores muy parecidos (durante el periodo de 10 años) y se alejan de los valores de  $BEL_{stoc}$  calculados para los contratos de 30 años. Esta observación se confirma para todos los niveles de  $k$ . En el caso de los hombres, los valores de  $BEL_{stoc}$  para los contratos de duración de 30 años disminuyen, a causa de una tasa de liquidación 20% más alta respecto a la media y de una más baja probabilidad de supervivencia, lo que resulta en un valor esperado de pagos por supervivencia más bajo. Aunque los valores del  $BEL_{stoc}$  son distintos para los contratos de hombres y mujeres, no se observan otras diferencias en la tendencia del  $BEL_{stoc}$  entre hombres y mujeres.

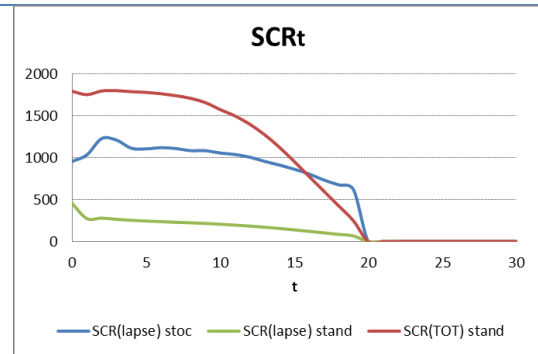
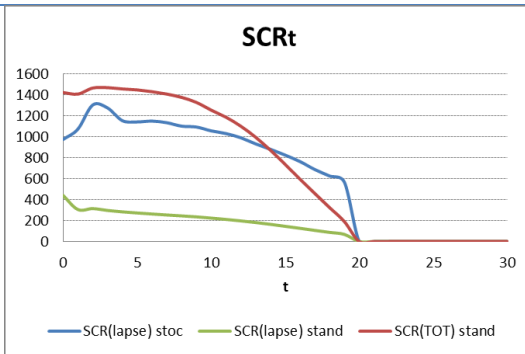
En base a los valores de la mejor estimación calculados mediante los escenarios estocásticos ( $BEL_{stoc}$ ), se calcula el valor de los requisitos de capital como la diferencia entre el  $BEL_t$  y el 99,5-percentil del valor de  $BEL_{tstoc}$  para cada año  $t$ :

$$SCR_t = 99,5 \text{ percentil } BEL_{tstoc} - BEL_t$$

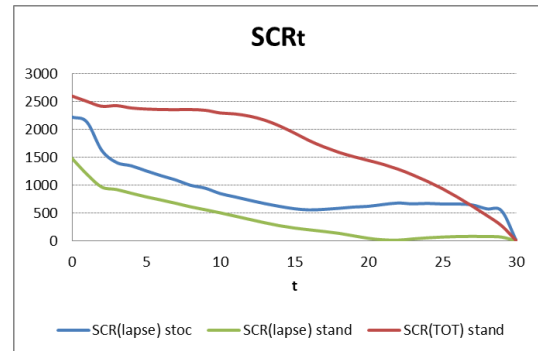
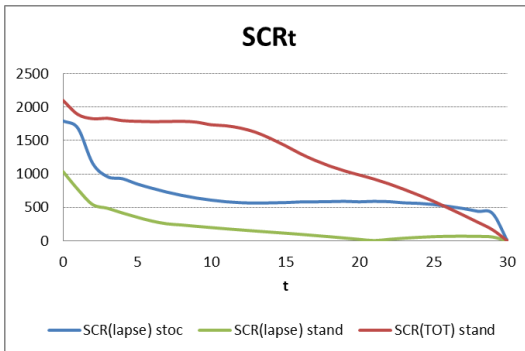
Los siguientes gráficos proporcionan una ilustración de la comparación de los valores del SCR calculados mediante la fórmula estándar y con los escenarios estocásticos para distintos valores de  $k$ :



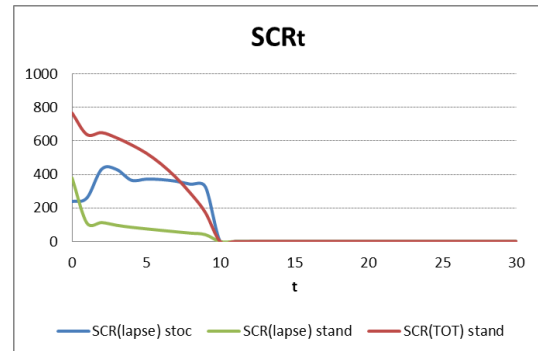
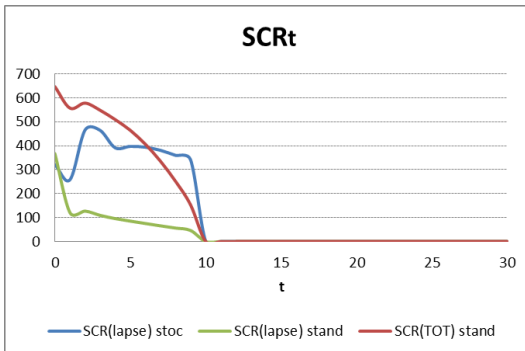
$k=3$  /  
20  
años



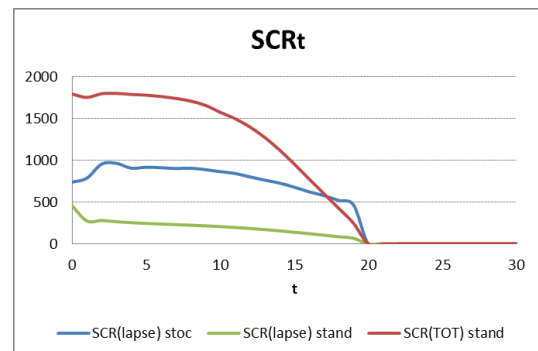
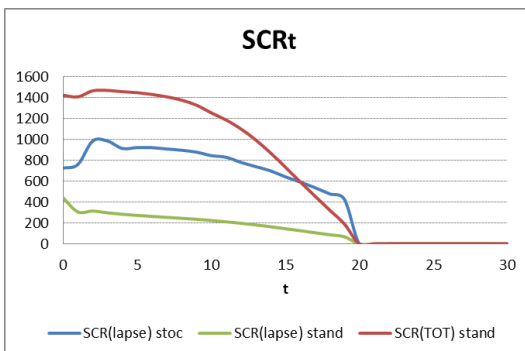
$k=3$  /  
30  
años

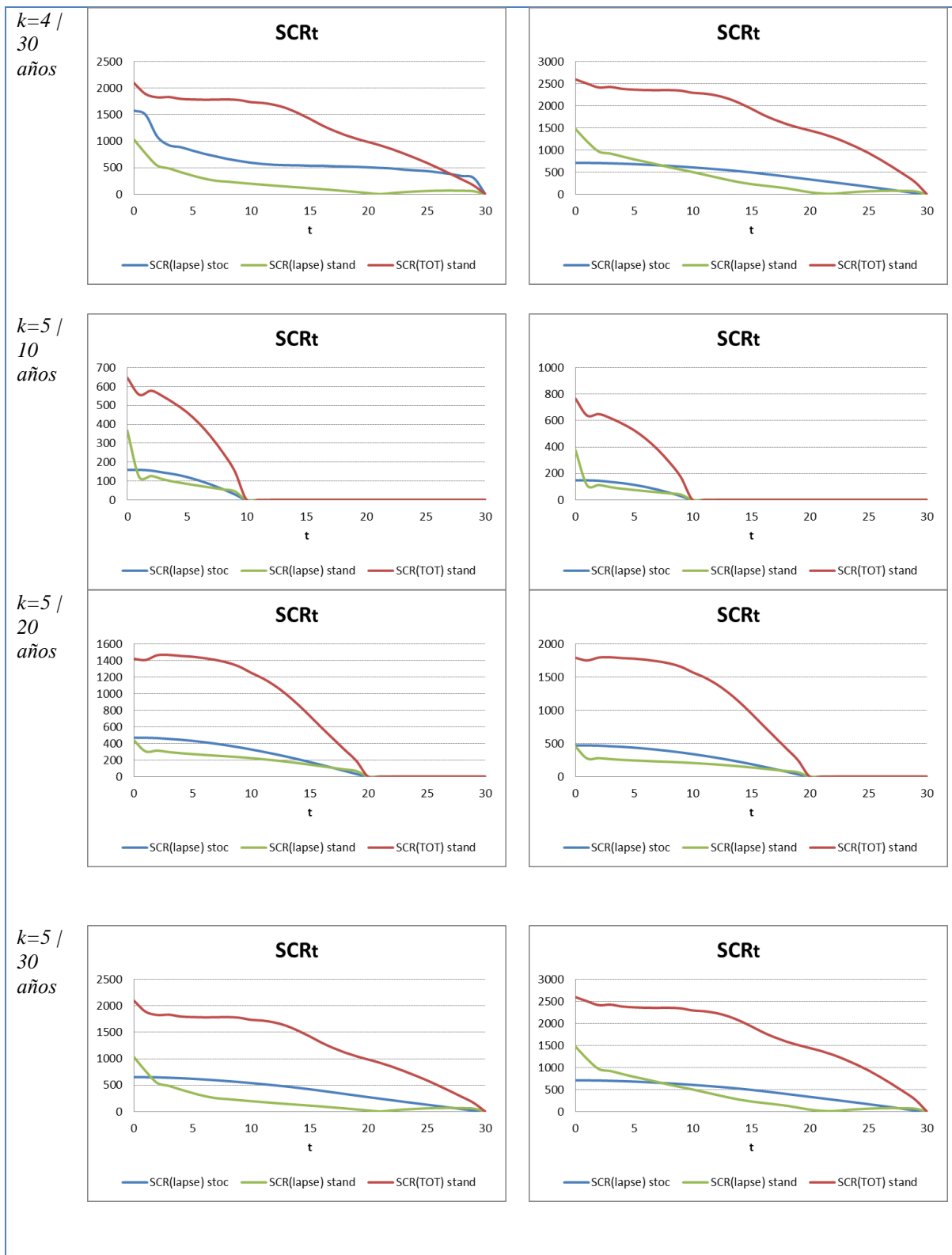


$k=4$  /  
10  
años



$k=4$  /  
20  
años





Se observa que los valores de SCR calculados mediante los escenarios estocásticos suponen un mayor valor de requisitos de capital de solvencia que los calculados mediante la fórmula estándar. Esta observación es válida para todas las duraciones y niveles de  $k$ , aunque:

- es más pronunciada para los niveles menores de  $k$  por razón de la mayor variabilidad de las tasas, y en consecuencia la cola de distribución es más ancha; en algunos casos los requisitos de capital por el riesgo de caídas de cartera pueden superar incluso al SCR total.
- la diferencia entre el SCR calculado mediante los escenarios estocásticos y la formula estándar es mayor en el caso de los contratos de duración de 10 y 20 años que en el caso de los contratos de duración de 30 años; esto se refiere sobre todo al inicio de la proyección.
- La consideración de los escenarios de continua subida o continua bajada incrementa enormemente los requisitos de capital de solvencia (SCR) para un  $\text{Var}_\alpha$  de 99,5%. Por lo tanto, para medir el impacto, a continuación se repite el análisis para los escenarios sobre las tasas de liquidación anticipada que presentan independencia de las observaciones entre  $t$  y  $t+1$  (apartado 5.3.2.).

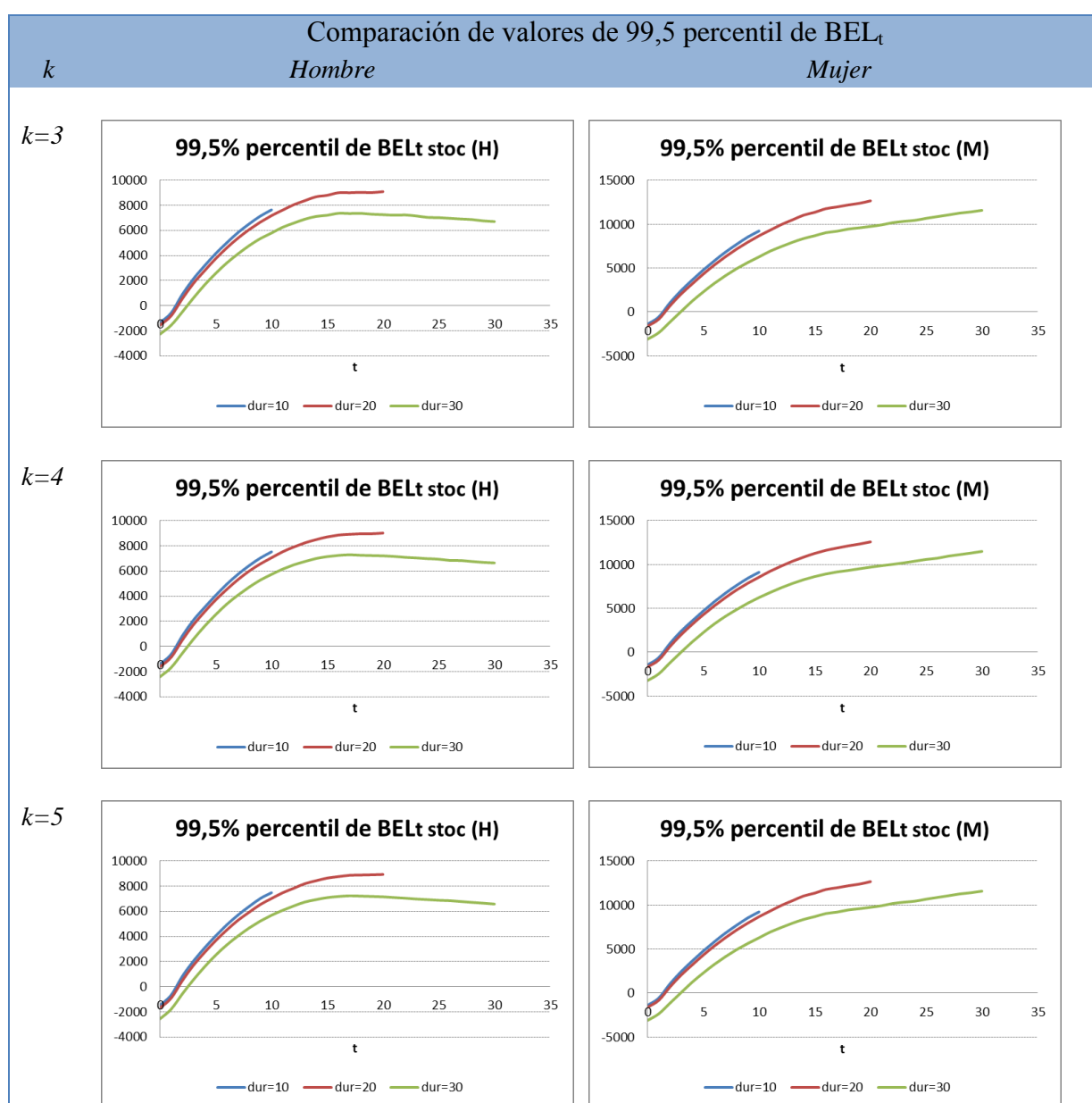
### **5.3.2. Cálculo del SCR bajo escenarios de independencia de las tasas de liquidación**

De forma similar a lo explicado anteriormente, se simulan un total de 10.000 escenarios sobre valores de tasas de liquidación de contratos (tasa de caídas de cartera) en cada año  $t$ . La diferencia con el análisis previo consiste en que ahora se permite variar a los valores de la función de densidad de probabilidad para las realizaciones de los años  $t$  y  $t+1$ . Los valores de la función de densidad de probabilidad están generados por el programa *Microsoft Excel* en base a la distribución uniforme estándar  $U(0,1)$  y dados  $\bar{x}_t$  y  $\sigma_t^2$ , que corresponden a las mismas hipótesis que las utilizadas para el cálculo de la mejor estimación (BEL). Se excluye la componente estocástica  $e_t$  (descrita en 5.2) dado que la función de densidad de probabilidad empleada para cada realización está descrita por un proceso estocástico.

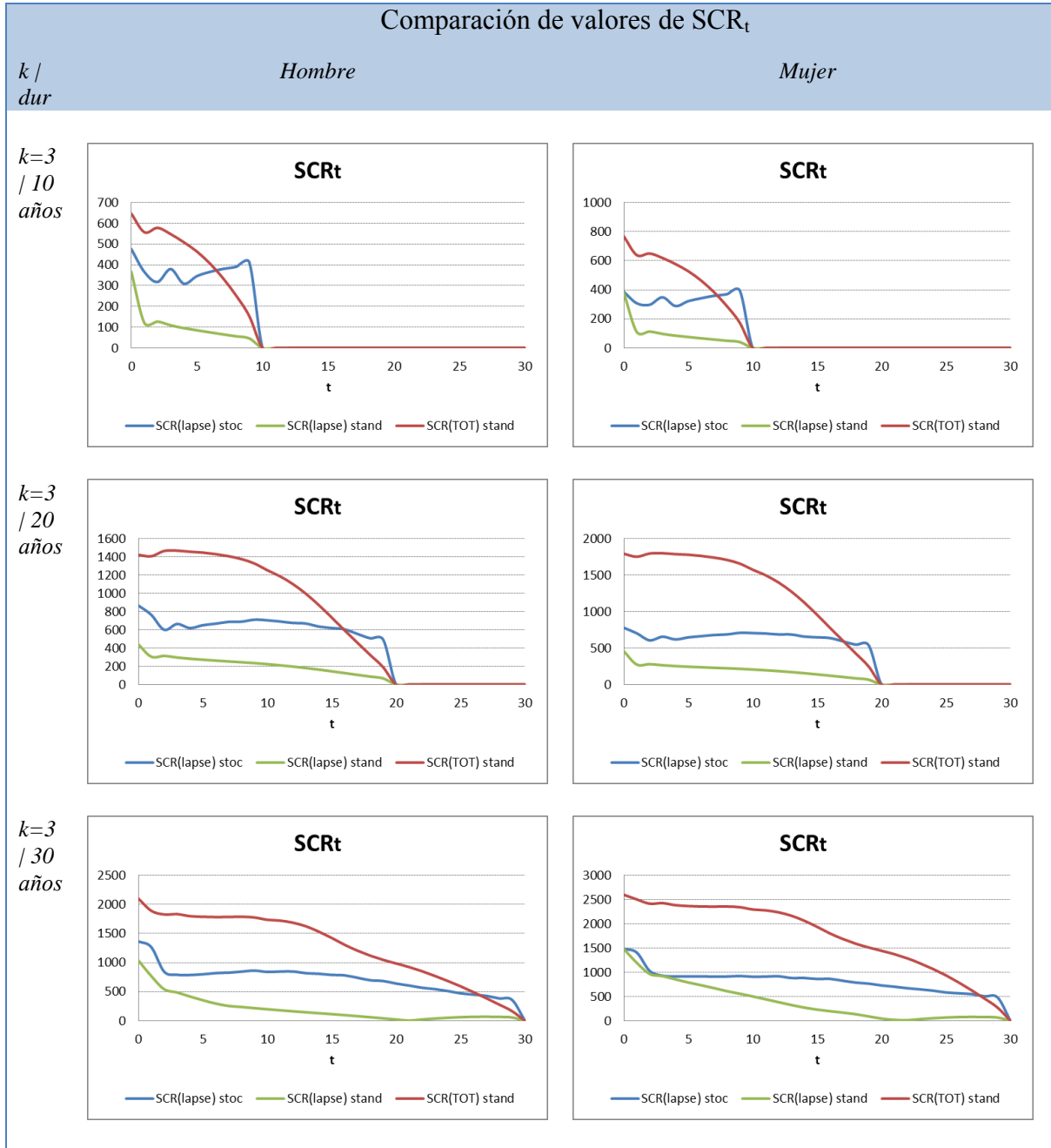
A causa de la exclusión de la componente  $e_t$ , se observa que las proyecciones de los 99,5%-percentiles han disminuido, y se alejan en la siguiente proporción de sus valores medios  $\bar{x}_t$ :

$k=3$	86% de $\bar{x}_t$ (previamente 89%)
$k=4$	64% de $\bar{x}_t$ (previamente 67%)
$k=5$	51% de $\bar{x}_t$ (previamente 53%)

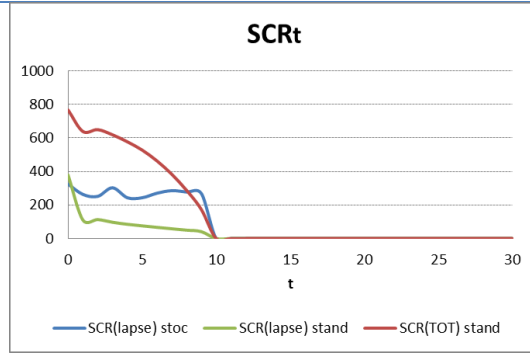
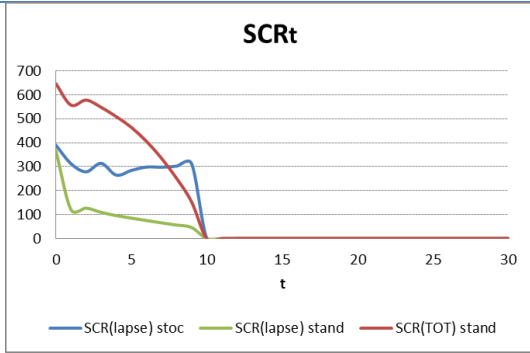
Se presenta a continuación una comparación de los valores de los 99,5-percentiles de BEL calculados para los escenarios estocásticos de las tasas de liquidación obtenidos para los diferentes niveles analizados del parámetro  $k$ , la duración del contrato y el género:



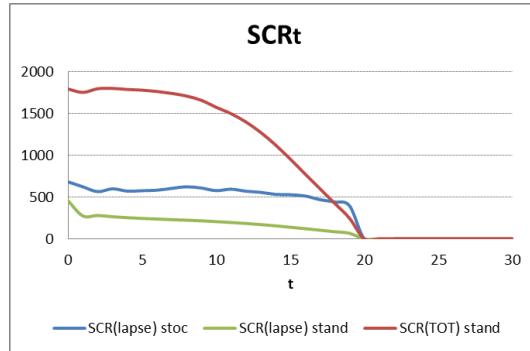
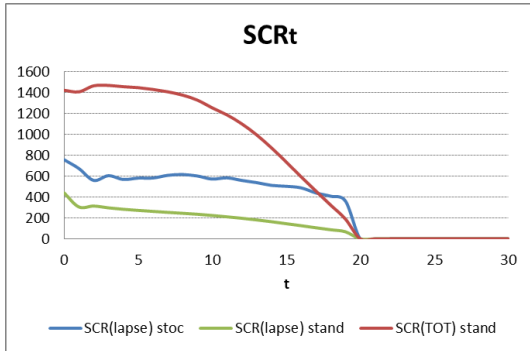
Los siguientes gráficos muestran la comparación de los valores del SCR calculados mediante la fórmula estándar y con el uso de los escenarios estocásticos para los distintos valores de  $k$ :



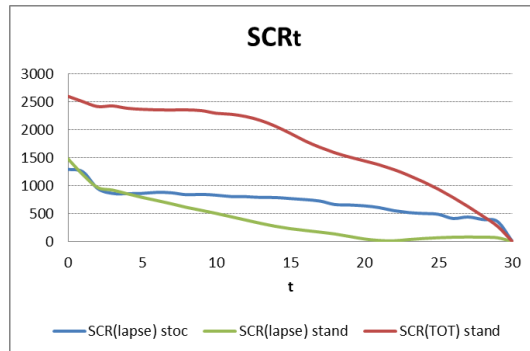
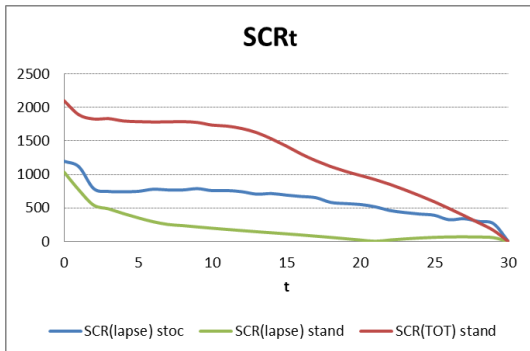
$k=4$   
/ 10  
años



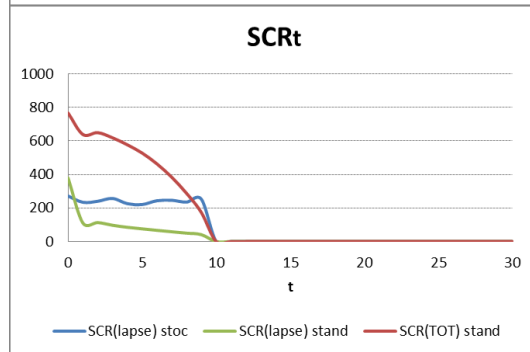
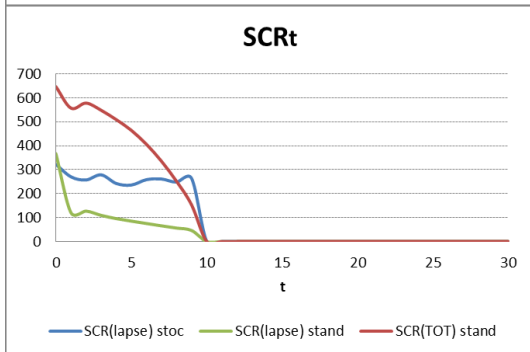
$k=4$   
/ 20  
años



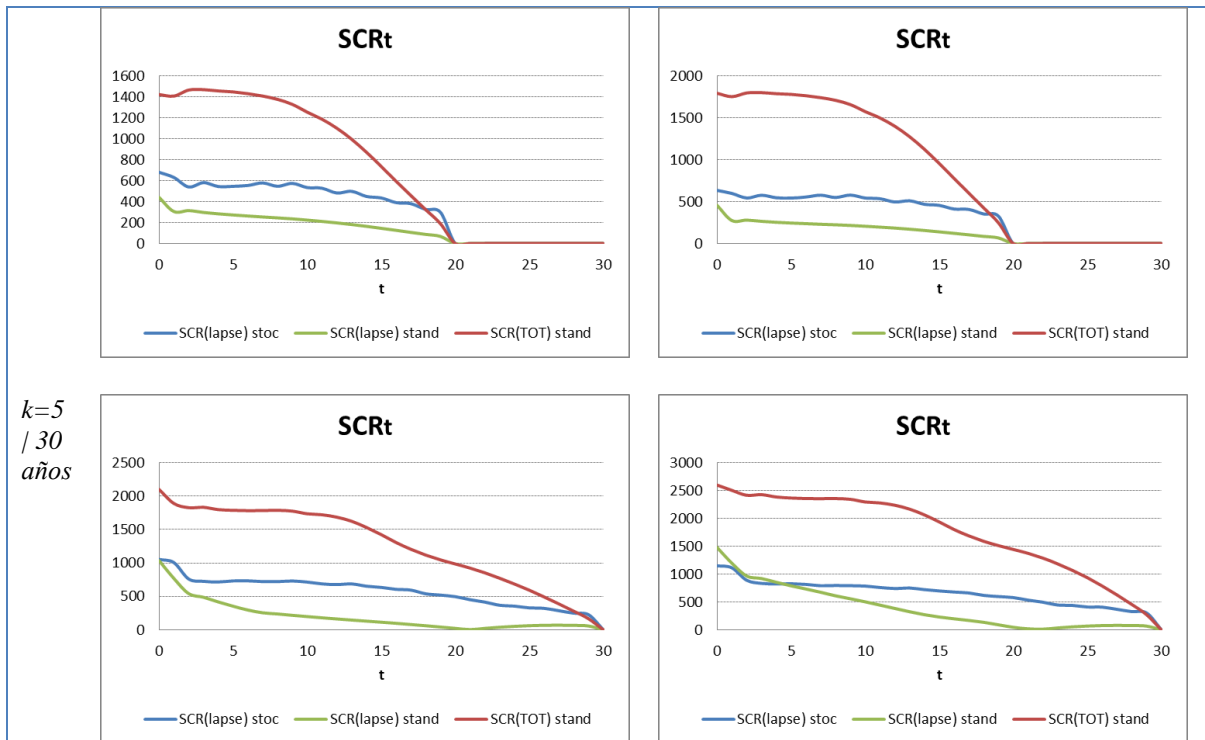
$k=4$   
/ 30  
años



$k=5$   
/ 10  
años



$k=5$   
/ 20  
años



Se observa que aunque los requisitos de capital de solvencia (SCR) calculados en el apartado 5.3.2. (para tasas de liquidaciones plenamente independientes para los años  $t$  y  $t+1$  y excluyendo la componente estocástica  $e_t$ ) pueden variar respecto a los requisitos de capital de solvencia calculados en el apartado 5.3.1 (escenarios de continua subida o bajada de las tasas de liquidaciones), todas las relaciones de los SCR para los diferentes valores de las duraciones del contrato, del género y del coeficiente  $k$  siguen válidas. Los requisitos de capital de solvencia asumidos en la fórmula estándar son mucho más bajos que los calculados con el uso de escenarios estocásticos y calibrados para el 99,5-percentil de BEL. Esto indica la gran importancia del riesgo de caídas de cartera sobre el nivel de requisitos de capital de solvencia y en consecuencia, también sobre la rentabilidad de un producto de seguro de vida.

#### 5.4. Implicaciones de los resultados de la modelización estocástica de tasas de caída

Una desviación de las tasas de caída de cartera respecto a las hipótesis iniciales supone un problema para la valoración de los pasivos, y en consecuencia pone en riesgo el beneficio esperado de un producto de seguro. En general, durante los primeros años el riesgo de caída de cartera se relaciona con tasas de liquidación superiores a las

esperadas, porque la suma de las primas devengadas no suele cubrir los gastos iniciales de la póliza tales como los costes de adquisición (como el coste de las pruebas médicas, el coste del desarrollo de producto o la remuneración de terceros). Durante la vida del contrato, cualquier incremento de la variabilidad respecto a las expectativas puede suponer un problema: tanto el incremento de las tasas de caída, cuando el pago por liquidación anticipada (valor de póliza) supera el valor de las provisiones técnicas, como la disminución de las tasas de caída respecto a las expectativas, si los costes que se cobran al cliente por liquidación anticipada del contrato, suponen una fuente de beneficio importante para mantener el producto rentable. Durante los últimos años de la vida del contrato de seguro con un beneficio de supervivencia, el mayor impacto en los pasivos suele estar asociado con tasas de liquidación inferiores a las esperadas, debido a la necesidad del pago de un beneficio de supervivencia superior al esperado.

La fórmula estándar de Solvencia II en el componente de riesgo de caídas de cartera dentro del sub-módulo de riesgo de suscripción de vida, considera la más perjudicial de las tres siguientes situaciones: un aumento permanente de las tasas de caída en un 50%, una disminución permanente de las tasas de rescate en un 50% o una disminución de un 20% y un rescate masivo de 40% en un año  $t$ . En el caso de los productos con seguro de vida y supervivencia (como el producto estudiado), los escenarios de rescate masivo o de aumento permanente de las tasas de caída suelen ser los más dañosos al principio de la proyección mientras que los escenarios de disminución permanente suelen tener más impacto en los últimos años de la proyección.

La fórmula estándar asume que los aumentos o disminuciones permanentes de la tasa de caída aparecen desde un año  $t$  hasta el final de la proyección. Si esto ocurre en la realidad, después de un año o unos pocos años consecutivos una compañía aseguradora va a actualizar sus hipótesis sobre las tasas de caída de cartera por lo que el valor de la mejor estimación (BEL) corresponderá a las expectativas actuales, el margen de riesgo va a cambiar proporcionalmente a la mejor estimación y el nuevo capital de solvencia (SCR) va a considerar la variabilidad de una nueva hipótesis. La fórmula estándar está pensada para el horizonte de 1 año y es importante recordar que las proyecciones de requisitos de capital para los periodos  $t$  consecutivos ya no reflejan el nivel de requisitos de capital de solvencia necesarios para poder enfrentar las obligaciones con el mismo nivel de seguridad.

En este capítulo han sido analizados dos enfoques sobre modelización de las tasas de caída de cartera:

- los escenarios que asumen la misma dirección de cambio permanente (un aumento o descenso permanente – 5.3.1.) y una componente estocástica de menor fuerza (alejando la observación del 99,5-percentil un 2-3% de la media)
- los escenarios que permiten plena independencia de las observaciones (5.3.2) .

Los dos enfoques asumían una distribución simétrica y normal de las tasas de caída de cartera. Aun así, los dos métodos han indicado que para el producto estudiado, los requisitos de capital de solvencia estimados mediante la fórmula estándar pueden no ser suficientes.

Respecto a las diferencias entre los resultados de los dos enfoques, la tabla mostrada a continuación resume la diferencia media entre los requisitos de capital de solvencia estimados mediante los escenarios un descenso permanente (5.3.1) y una plena independencia (5.3.2.) de las tasas:

k	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
3	50%	28%	6%	3%	7%	15%
4	25%	19%	5%	-6%	-25%	-31%
5	-29%	-40%	-38%	-39%	-55%	-78%

La tabla destaca que las mayores diferencias se observan en el primer periodo (los primeros 5 años) del contrato. Dependiendo de nivel de variabilidad ( $k$ ), los resultados de un método pueden proporcionar unos requisitos de capital más altos que el otro. Parece que cuando la variabilidad decrece, los escenarios de continua bajada o subida pueden proporcionar unos requisitos de capital incluso más pequeños. Sin embargo, la confirmación de esta observación requiere un estudio más profundo.

Por último, aunque la fórmula estándar asume que no existe correlación entre el riesgo de caídas de cartera y el riesgo de mortalidad o el riesgo de morbilidad (coeficiente de correlación igual a 0), esto no necesariamente es cierto. Un incremento de la tasa de caída de cartera implica una disminución de pagos por mortalidad o morbilidad porque una parte mayor de la cartera ya no está en vigor. Para los casos particulares observados en el apartado 4.2.2, los requisitos de capital por morbilidad o mortalidad formaban hasta un 20% del total de los requisitos de capital del sub-módulo

de suscripción de vida. Al nivel del sub-módulo, una parte de estos capitales de solvencia puede servir para cubrir las necesidades de capital total. Sin embargo, parece que la formula estándar puede ser demasiado onerosa para los productos similares al producto estudiado, es decir, productos de larga duración con un importante beneficio de supervivencia y altos costes iniciales.

## 6. OPTIMIZACIÓN DE LOS REQUISITOS DE CAPITAL

### 6.1. Problema de maximización del beneficio frente a los requisitos de capital

Poniendo a la venta un producto de seguro, la compañía aseguradora se encontrará ante dos objetivos diferentes, por un lado maximizar el beneficio para los accionistas y la rentabilidad de la cartera, y por otro lado mantener los requisitos de capital conforme a la normativa vigente, las posibilidades de la empresa y su apetito al riesgo. Estos objetivos pueden bien llevar a las mismas decisiones considerando que los requisitos de capital suponen un gasto y de este modo disminuyen el beneficio y la rentabilidad media. Es posible también que sean opuestos, de forma que las decisiones que maximizan el beneficio y la rentabilidad suponen unos mayores costes de capital que superan la capacidad de una aseguradora o su apetito.

Una compañía aseguradora que decide maximizar al valor del *embedded value* calculado bajo el régimen de Solvencia II ( $EV^{CR}$ ), para unos niveles fijados de requisitos de capital de Solvencia II al inicio de la venta ( $SCR_0$ ), se enfrenta al problema de la selección de las características del producto de seguro que permitan realizar su objetivo. En el subcapítulo 4.3.6. hemos observado cómo varias características del contrato, tales como su duración, el nivel de primas o el perfil biométrico del asegurado, implican distintos niveles del beneficio que se obtendrá. Este tipo de análisis a nivel de pólizas es muy útil a la hora de determinar los límites mínimos o máximos para el contrato, tales como edad máxima del asegurado al momento de venta o la prima mínima para el contrato, que permiten obtener el beneficio mínimo requerido por los accionistas.

Para determinar las soluciones para la cartera de pólizas de un producto puede ser más útil basarse en grupos más generales. El análisis clúster presentado en el subcapítulo 4.5 ha permitido agrupar las pólizas de una cartera hipotética en varios subconjuntos, considerando similitudes en el nivel del beneficio y los requisitos de capital de Solvencia II. En base a este análisis, se puede definir un problema de optimización orientado a buscar una participación óptima  $\alpha_i$  de cada grupo de pólizas en la cartera que permita maximizar el beneficio para los accionistas y que requiera un

mínimo de capital de solvencia, de forma que en ningún momento supere un nivel de capital  $K$ . Entonces, el problema general de optimización sería:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } EV^{CR} \\ SCR_0 \leq K \end{array} \right\}$$

Si definimos el *embedded value* ( $EV^{CR}$ ) y los requisitos de capital en el momento  $t=0$  ( $SCR_0$ ) en función de tres conjuntos de pólizas de distintas características entre sí, obtenemos:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot EV_i^{CR} \\ \sum_{i=1}^3 SCR_{0,i} \leq K \end{array} \right\}$$

Sujeto a que  $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$  y cada  $\alpha_i \geq 0$ .

Aunque el objetivo principal se refiere a la maximización del beneficio y no a la minimización de los requisitos de capital (ya que entonces la solución sería no vender nada), la solución óptima tiene que considerar el mínimo nivel de requisitos de capital que permita obtener un cierto beneficio. Además, la solución óptima tiene que asegurar que para un nivel definido de requisitos de capital no es posible obtener un beneficio superior, cambiando la participación  $\alpha_i$  de los conjuntos  $i$ .

Este problema de maximización del beneficio representado por el *embedded value* y la optimización de requisitos de capital se parece a un problema económico más general, en el que el productor de un bien intenta maximizar el beneficio sujeto a un límite de recursos (materiales, recursos humanos, tiempo, etc.). Se parece también a un problema de construcción de una cartera de inversión óptima que maximiza el rendimiento frente al riesgo de inversión. Este tipo de problemas de decisión en que existen varios criterios (objetivos) a satisfacer se llaman problemas de programación multiobjetivo o multicriterio (*Multiple Criteria Decisión Making - MCDM*) [3]. Con la programación multiobjetivo se asocia también el concepto de optimalidad de Pareto, introducido por primera vez por el economista italiano Vilfredo Pareto en el año 1896, para describir una colectividad óptima cuando ninguna persona que es parte de esta colectividad puede mejorar su estado sin empeorar el estado de otra persona de dicha colectividad. Las ideas de la programación multiobjetivo y el concepto de optimalidad de Pareto se desarrollan con más detalle a continuación.

## 6.2. Programación multiobjetivos y optimalidad de Pareto

Un programa matemático multiobjetivo [2] trata de resolver el siguiente problema:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Opt } f_1(x), f_2(x), \dots, f_r(x) \\ x \in X \end{array} \right\}$$

donde  $X$  es un conjunto y  $f: X \rightarrow R^r$  una función vectorial definida en  $X$ .

Si suponemos que  $f$  está definida por las  $r$  funciones escalares  $f_1, f_2, \dots, f_r$  de forma que  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_r(x)) \forall x \in X$ , y consideramos en  $R^r$  el orden usual

$(u_1, u_2, \dots, u_r) \leq (v_1, v_2, \dots, v_r)$  si  $u_i \leq v_i, i=1, \dots, r$ , entonces el punto  $x_0 \in X$  es solución del programa A:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Min } f(x) \\ x \in X \end{array} \right\}$$

si no existe  $x_1 \in X$  tal que  $f(x_1) \leq f(x_0)$  y  $f(x_1) \neq f(x_0)$ .

Esto implica que ningún punto  $x_1 \in X$  es una solución del programa que simultáneamente proporciona una mejora de todos los objetivos.

Dado que  $r > 1$ , el valor óptimo que toma la función objetivo no tiene que ser único en general, es decir  $f(x_0)$  y  $f(x'_0)$  no tienen necesariamente que ser comparables. Por lo tanto, definimos como la línea de eficiencia del programa A al siguiente conjunto:  $\{f(x): x \text{ es solución de programa A}\} \subset R^r$ .

Si  $r = 1$ , es decir, en caso de programación escalar, la línea de eficiencia de un programa se reduce a un punto, dado que el programa tiene solución y se verifica que  $f(x_0) = f(x'_0)$ .

Los puntos que pertenecen al espacio  $X$  pero no se encuentran en la línea eficiente del programa están dominados por los puntos (o soluciones) representados por la línea eficiente. Los puntos que forman la línea eficiente corresponden a las soluciones no dominadas del programa.

Este concepto de optimalidad en el cual un punto  $x_0$  es el óptimo del programa si no existe otro  $x$  de  $X$  que mejore todos los objetivos  $f_1, f_2, \dots, f_r$  se llama optimalidad de Pareto. En términos del proceso de toma de decisiones, podemos decir que una solución es eficiente en el sentido de Pareto si no existe otra solución que mejore por lo menos uno de los criterios de decisión sin empeorar algún otro [59]. En otras palabras, en un punto óptimo de Pareto no es posible una transacción sin coste porque la mejoría de un

criterio (o una ganancia) significa el empeoramiento de otro criterio (o una pérdida) [52].

Una técnica muy popular que permite resolver un programa multiobjetivo y obtener las soluciones no dominadas, es la escalarización [2, 59]. Aplicando este método podemos asignar a cada función de objetivo  $f_i(x)$  a un peso  $c$  y optimizar una suma ponderada de las funciones:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Opt } \sum_{i=1}^r c_i f_i(x) \\ x \in X \end{array} \right\}$$

donde  $c = (c_1, c_2, \dots, c_r)$  está formado por elementos no negativos, para cada  $i = 1, \dots, r$ .

Sin embargo, para el propósito de este estudio que pretende una optimización conjunta del beneficio (medido por el *embedded value*) y los requisitos de capital de Solvencia II (SCR), resulta más interesante observar el cambio de la solución no dominada para distintos valores del SCR<sub>0</sub> disponible ( $K$ ). Esto va a determinar el método de solución aplicado, que se basa en búsqueda de una línea eficiente mediante la resolución de múltiples programas lineales. Este método se denomina el Simplex Multicriterio (*Multicriteria Simplex Method o multicriterion Simplex*) [3], y se realiza a continuación en el sub-capítulo 6.3.

Además, para las soluciones eficientes resulta de interés medir la cantidad de pérdida de un objetivo I asociado con la mejoría de otro objetivo II (*trade-off*) [3]. Para dos soluciones eficientes  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , este coste se puede definir como:

$$T_{ij} = \frac{f_i(\alpha_1) - f_i(\alpha_2)}{f_j(\alpha_1) - f_j(\alpha_2)}$$

### 6.3. En búsqueda de la línea de eficiencia del programa

En el sub-capítulo 4.5 han sido presentadas dos posibles agrupaciones de pólizas según sus similitudes respecto a las medidas del beneficio y los requisitos de capital de Solvencia II. Estas agrupaciones resultan de interés para el propósito de optimización de los requisitos de capital y la búsqueda de una línea de eficiencia entre los requisitos de capital y el beneficio. A continuación analizamos:

1. Tres conjuntos de pólizas agrupadas según las similitudes del valor del beneficio medido por el *embedded value* definido por cada Euro de prima mensual del contrato y los requisitos de capital de Solvencia II definidos por cada Euro de prima mensual del contrato. El estudio de esta agrupación resulta muy interesante, debido a la clara interpretación de los subconjuntos que obtenemos gracias a la reducción del impacto del nivel de prima mensual del contrato. El problema de la búsqueda de una línea de eficiencia se plantea en el siguiente subcapítulo 6.3.1. (Problema 1).
2. Tres conjuntos de pólizas agrupadas según las similitudes en cuanto al beneficio medido por el *embedded value* del contrato y los requisitos de capital de Solvencia II del contrato. Estas agrupaciones no tienen una interpretación tan clara, dada la fuerte relación del beneficio y los requisitos de capital con el nivel de la prima mensual del contrato. Sin embargo, se acercan más a la realidad. El problema de la búsqueda de una línea de eficiencia para este tipo de agrupación se estudia en el subcapítulo 6.3.2 (Problema 2).

El problema de optimización es similar para los dos programas: buscar una línea eficiente que corresponda a una adecuada proporción  $\alpha_i$  de pólizas de cada conjunto  $i$  en la cartera, que permita obtener un máximo beneficio (medido por el *embedded value* – EV) para un nivel definido de requisitos de capital de Solvencia II en el momento  $t=0$  ( $SCR_0$ ):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max (EV)} \\ SCR_0 \end{array} \right\}$$

donde:

$$EV^{CR} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i x_i \text{ y } SCR_0 = \sum_{i=1}^3 \alpha_i y_i$$

Además, la proporción de cada subconjunto en la cartera final se define como:

$$\alpha = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3]$$

$$\alpha_i = \text{proporción en la cartera de cada conjunto } i$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$$

$$\alpha_i \geq 0 \text{ para } i=\{1;3\}$$

Los valores de  $x$  e  $y$  corresponden a los valores medios de  $EV^{CR}$  y  $SCR_0$  definidos para cada uno de los tres conjuntos de agrupaciones del Problema 1 o del Problema 2.

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad \underline{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix}$$

Los valores de  $SCR_0$  van a estar fijados para unos niveles de  $K_j$  y representan la variable de decisión, mientras que  $EV^{CR}$  representa una variable de objetivo.

### 6.3.1. Problema 1: línea de eficiencia para la optimización del beneficio y los requisitos de capital definidos por cada Euro de prima del contrato

El Problema 1 se refiere a una situación en que los contratos que pueden formar la cartera se agrupan en tres conjuntos en base a su similitud en cuanto al beneficio y requisitos de capital definidos por 1 Euro de prima mensual. Los tres grupos vienen representados por los siguientes valores medios:

- **Grupo 1:** pólizas con valor más bajo de *embedded value* y requisitos medios de capital de Solvencia II en  $t=0$ .

Este grupo está formado por contratos de larga duración (20 años), sumas aseguradas medias, mayor proporción de hombres.

- **Grupo 2:** pólizas con valor más alto de *embedded value* y requisitos más altos de capital de Solvencia II en  $t=0$ .

Este grupo está formado por contratos de muy larga duración (25-30 años), sumas aseguradas más altas en relación al nivel de prima (relacionado con edad media más baja y duración media más alta), mayor proporción de mujeres.

- **Grupo 3:** pólizas con valor medio o alto de *embedded value* y requisitos más bajos de capital de Solvencia II en  $t=0$ .

Este grupo está formado por contratos de duración media (10-15 años), sumas aseguradas más bajas en relación al nivel de prima (relacionado con edad media más alta y duración media más baja). Destaca también un mayor retorno sobre activos (ROA) por el alto beneficio y más bajos requisitos de capital.

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
	<i>larga duración (20 años), medias sumas aseguradas, más H</i>	<i>muy larga duración (25-30 años), altas sumas aseguradas, más M</i>	<i>media duración (10-15 años), bajas sumas aseguradas</i>
$EV^{CR} \setminus$ Prima mensual	2,32	5,72	4,50
$SCR_0 \setminus$ Prima mensual	12,25	17,57	7,84

Teniendo en cuenta que el objetivo consiste en la maximización del valor de  $EV^{CR}$  y la minimización del  $SCR_0$  definidos por 1 Euro de prima mensual, podemos observar que el grupo 1 está dominado por el grupo 3, ya que la decisión de vender las pólizas de características del grupo 3 permite obtener un beneficio superior ( $4,50 > 2,32$ ) y requiere un nivel inferior de capital ( $7,84 < 12,25$ ). Por lo tanto, los contratos del grupo 1 no van a formar parte de la cartera óptima porque no suponen una solución eficiente ( $\alpha_1 = 0$  para cada  $\alpha_2$  y cada  $\alpha_3$ ). Por otro lado, el grupo 2 no está dominado por el grupo 3 ni el grupo 3 domina al grupo 2. La razón es que aunque el grupo 2 se asocia con mayores requisitos de capital que el grupo 3, también permite obtener un beneficio superior.

Buscamos una línea de eficiencia del programa, el conjunto  $\{f(x,y): x, y \text{ son soluciones del programa}\} \subset \mathbb{R}^2$ , que corresponda a los óptimos de Pareto del programa:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } (5,72\alpha_2 + 4,50\alpha_3) \\ 17,57\alpha_2 + 7,84\alpha_3 \leq K \\ \alpha_1 + \alpha_3 = 1 \\ \alpha_1 \geq 0 \\ \alpha_3 \geq 0 \end{array} \right\}$$

donde el coeficiente  $K$  se refiere a un nivel de requisitos de capital máximos disponibles. Podemos asumir que  $K \in [K_{min}; K_{max}]$  y que  $K_{min}$ ,  $K_{max}$  corresponden a los valores extremos de la función del SCR. Entonces para un  $\alpha = [0 \ 1]$  tenemos  $K_{min} = 7,84$  y para un  $\alpha = [1 \ 0]$  obtenemos  $K_{max} = 17,57$ .

La línea de eficiencia del programa representará el máximo beneficio medido por el *embedded value* por 1 Euro de prima que es accesible para un nivel dado de requisitos de capital por 1 Euro de prima. Los puntos que forman la línea de eficiencia (los óptimos Pareto del programa) corresponderán a unas proporciones  $\alpha_i$  de los tres conjuntos de pólizas en la cartera óptima. La línea de eficiencia la podemos obtener resolviendo  $n$  programas lineales para niveles definidos de  $K_j = K_{min} + j \cdot \frac{K_{max} - K_{min}}{n-1}$ .

Si asumimos que  $n=20$ , entonces la línea de eficiencia se corresponderá con las soluciones de los siguientes 20 programas lineales:

$$\left. \begin{aligned} & \text{Max } (5,72\alpha_2 + 4,50\alpha_3 + 0\alpha_4 + 0s_1) \\ & \text{sujeto a } 17,57\alpha_2 + 7,84\alpha_3 + \alpha_4 = K_j \\ & \alpha_1 + \alpha_3 + s_1 = 1 \\ & \alpha_1 \geq 0 \\ & \alpha_3 \geq 0 \end{aligned} \right\}$$

Los valores del parámetro  $K_j$  para  $j=\{1;n\}$ :

$j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_j$	7,84	8,35	8,86	9,38	9,89	10,40	10,91	11,42	11,94	12,45	12,96	13,47	13,99	14,50	15,01	15,52	16,03	16,55	17,06	17,57

Podemos resolver cada uno de los programas mediante la aplicación del algoritmo matricial del Simplex para el caso de máximo. Para un  $j$  seleccionado, por ejemplo para  $j=7$  y  $K_j=10,91$ , la solución del programa lineal siguiendo las etapas indicadas para el uso de la tabla Simplex [2] sería:

$C_i \setminus C_j$	-	5,72	4,50	0	-1m	$B_i$	$\frac{B_i}{A_{ik}}$
-	$X_i \setminus X_j$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$s_1$		
0	$x_4$	17,57	7,84	1	0	10,91	0,62
-1m	$s_1$	1	1	0	1	1	1
$Z_j$		-1m	-1m	0	-1m	$z(x) = -1m$	
$C_j - Z_j$		5,72 + 1m	4,50 + 1m	0	0		

$C_i \setminus C_j$	-	5,72	4,50	0	-1m	$B_i$	$\frac{B_i}{A_{ik}}$
-	$X_i \setminus X_j$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$s_1$		
5,72	$x_4$	1	0,45	0,06	0	0,62	1,39
-1m	$s_1$	0	0,55	-0,06	1	0,38	0,68
$Z_j$		5,72	2,55 - 0,55m	0,33 + 0,06m	-1m	$z(x) = 3,55 - 0,38m$	
$C_j - Z_j$		0	1,95 + 0,55m	-0,33- 0,06m	0		

Para el caso de máximo, si  $(z_j - c_j) \geq 0 \forall j \in J$ , entonces  $X$  es la solución máxima.

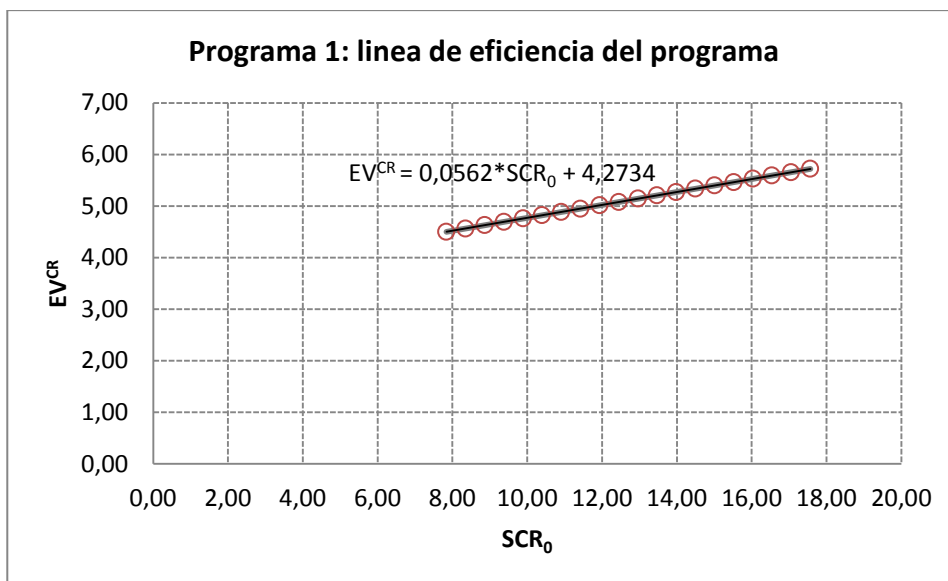
$C_i \setminus C_j$	-	5,72	4,50	0	-1m	$B_i$	$\frac{B_i}{A_{ik}}$
-	$X_i \setminus X_j$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$s_1$		
5,72	$x_2$	1	0	0,10	-0,81	0,32	0,32
4,50	$x_3$	0	1	-0,10	1,81	0,68	-
$Z_j$		5,72	4,50	0,13	3,52	$z(x) = 4,88$	
$C_j - Z_j$		0	0	-0,13	-3,52- 1m		

Entonces, para un nivel máximo de requisitos de capital de 10,91 por 1 Euro de prima mensual, el beneficio máximo medido por el *embedded value* por 1 Euro de prima mensual que una compañía aseguradora que vende el producto estudiado puede obtener, es de 4,88 Euros. La proporción de cada conjunto en la cartera óptima es: 32% de conjunto 2 (contratos de muy larga duración (25-30 años), mayores sumas aseguradas); y 68% de conjunto 3 (contratos de media duración (10-15 años), menores sumas aseguradas).

Aplicando el paquete *Boot* disponible en el Programa R (el código disponible en Anexo 10.8). podemos obtener las restantes soluciones de los 20 programas lineales:

$j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_j$	7,84	8,35	8,86	9,38	9,89	10,40	10,91	11,42	11,94	12,45	12,96	13,47	13,99	14,50	15,01	15,52	16,03	16,55	17,06	17,57
$EV$	4,50	4,56	4,63	4,69	4,76	4,82	4,88	4,95	5,01	5,08	5,14	5,21	5,27	5,34	5,40	5,46	5,53	5,59	5,66	5,72
$\alpha_2$	0%	5%	10%	16%	21%	26%	32%	37%	42%	47%	53%	58%	63%	68%	74%	79%	84%	90%	95%	100%
$\alpha_3$	100%	95%	90%	84%	79%	74%	68%	63%	58%	53%	47%	42%	37%	32%	26%	21%	16%	10%	5%	0%

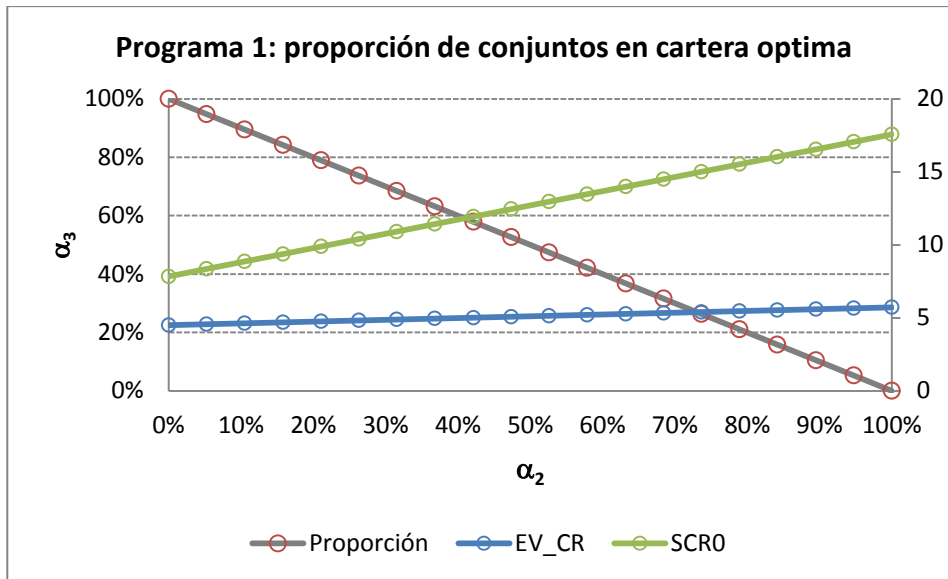
La línea de eficiencia del programa viene representada por la siguiente ilustración:



**Gráfico:** Línea de eficiencia del Programa 1. Elaboración propia

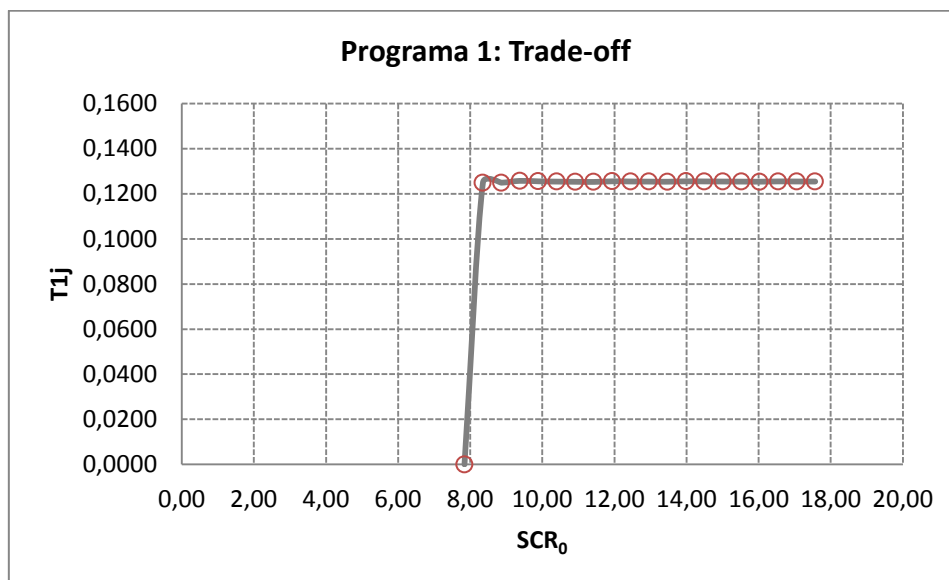
Todas las combinaciones de los requisitos de capital ( $SCR_0$ ) y beneficio medido por los *embedded value* ( $EV^{CR}$ ) que se encuentran en esta línea representan una solución de Pareto del programa 1: alcanzan el máximo beneficio que podemos obtener para un nivel dado de requisitos de capital disponibles, y a su vez el mínimo nivel de requisitos de capital requerido para obtener un beneficio determinado.

La cartera óptima está formada solamente por dos conjuntos de pólizas: contratos de muy larga duración (25-30 años) y mayores sumas aseguradas, y contratos de duración media (10-15 años) y menores sumas aseguradas. La cartera óptima no incluye contratos de larga duración (20 años) y sumas aseguradas medias. La proporción de los conjuntos 2 y 3 en la cartera óptima se representa en el siguiente gráfico:



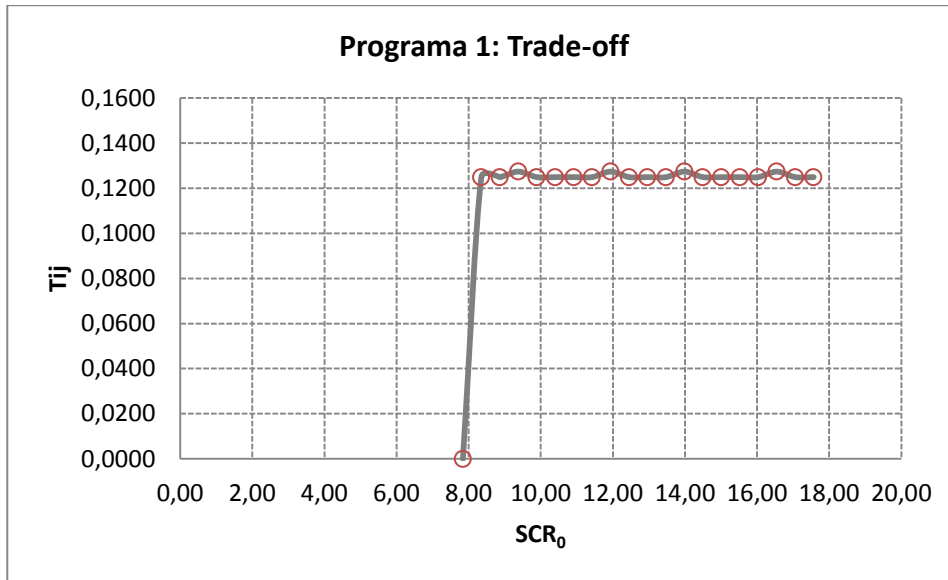
**Gráfico:** Proporción de conjuntos 1 y 3 en la cartera óptima para el Problema 1. Elaboración propia

Para las soluciones que forman la línea de eficiencia resulta interesante observar cómo cambia la relación entre el beneficio y los requisitos de capital al moverse por la línea de eficiencia (el *trade-off*). La siguiente ilustración presenta la relación entre el incremento del beneficio y el aumento de requisitos de capital cuando nos movemos desde la primera solución eficiente  $\alpha = [0 \ 1]$  hacia otras soluciones eficientes, finalizando en  $\alpha = [1 \ 0]$ :



**Gráfico:** Trade-off entre soluciones eficientes para el Problema 1. Movimiento desde el punto  $\alpha = [0 \ 1]$  hacia  $\alpha = [1 \ 0]$ . Elaboración propia

Cada unidad de aumento de requisitos de capital se transfiere a un aumento del beneficio, pero observamos que algunos aumentos de requisitos de capital suponen un mayor aumento del beneficio (aunque las diferencias son muy pequeñas).



**Gráfico:** Trade-off entre soluciones eficientes para el Problema 1. Tij asociado con el movimiento entre los puntos ij en la línea de eficiencia. Elaboración propia

### 6.3.2. Problema 2: línea de eficiencia para la optimización del beneficio y los requisitos de capital de póliza

Para solucionar el Problema 2 buscamos una línea de eficiencia de un programa parecido al estudiado en el subcapítulo anterior (6.3.1.), con la diferencia de que los coeficientes  $x$ ,  $y$  de las funciones de  $EV^{CR}$  y  $SCR_0$  toman unos valores distintos porque los tres grupos representan similitudes en cuando al beneficio y los requisitos de capital definidos para una póliza. Se cambia también el significado de cada grupo, que ahora pasa a ser:

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
	<i>Valores medios de primas y sumas aseguradas</i>	<i>Valores más altos de primas y sumas aseguradas</i>	<i>Valores más bajos de primas y sumas aseguradas</i>
$EV^{CR}$	1161,64	1740,10	461,56
$SCR_0$	2686,65	4753,97	1246,29

Observamos que ningún grupo domina al otro y que los tres grupos pueden formar parte de una solución eficiente y de una cartera óptima.

Entonces, buscamos una línea de eficiencia del programa del conjunto:

$\{f(x,y): x, y \text{ son soluciones del programa}\} \subset \mathbb{R}^2$ , que corresponda a un óptimo de Pareto del programa:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } (1161,64 \alpha_1 + 1740,10 \alpha_2 + 461,56 \alpha_3) \\ 2686,65 \alpha_1 + 4753,97 \alpha_2 + 1246,29 \alpha_3 \leq K \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \\ \alpha_1 \geq 0 \\ \alpha_2 \geq 0 \\ \alpha_3 \geq 0 \end{array} \right\}$$

donde el coeficiente  $K$  se refiere a un nivel de requisitos de capital máximos disponibles. Podemos asumir que  $K \in [1246,29; 4753,97]$ , lo que corresponde a valores extremos de la función del  $SCR_0$  para  $\alpha = [0 \ 0 \ 1]$  y para  $\alpha = [1 \ 0 \ 0]$ .

Podemos obtener una aproximación de la línea de eficiencia resolviendo  $n$  programas lineales para niveles definidos de  $K_j = K_{min} + j \cdot \frac{K_{max}-K_{min}}{n-1}$ . Si, tal y como en el caso del Programa 1, asumimos que  $n=20$ , entonces la línea de eficiencia corresponderá a las soluciones de los siguientes 20 programas lineales:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } (1161,64 \alpha_1 + 1740,10 \alpha_2 + 461,56 \alpha_3 + 0\alpha_4 + 0s_1) \\ 2686,65 \alpha_1 + 4753,97 \alpha_2 + 1246,29 \alpha_3 + 0\alpha_4 = K \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + s_1 = 1 \\ \alpha_1 \geq 0 \\ \alpha_2 \geq 0 \\ \alpha_3 \geq 0 \end{array} \right\}$$

$K_{min}$ ,  $K_{max}$  corresponden a los valores extremos de la función del  $SCR_0$ . Para un  $\alpha = [0 \ 0 \ 1]$  tenemos  $K_{min} = 1246,29$  y para un  $\alpha = [1 \ 0 \ 0]$  obtenemos  $K_{max} = 4753,97$ . Los valores del parámetro  $K_j$  para  $j=\{1;20\}$  son:

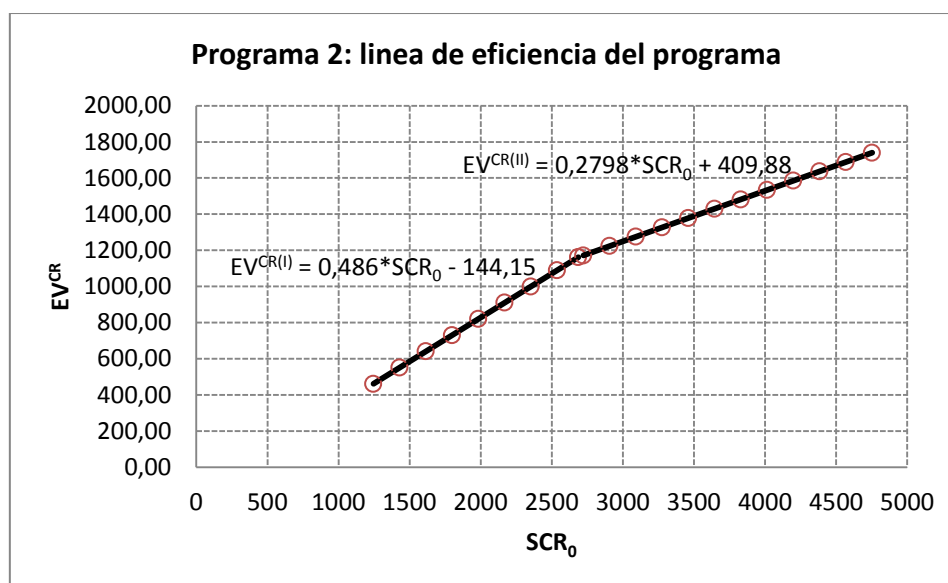
$j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_j$	1246,29	1430,90	1615,52	1800,13	1984,75	2169,36	2353,98	2538,59	2723,21	2907,82
$j$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_j$	3092,44	3277,05	3461,67	3646,28	3830,90	4015,51	4200,13	4384,74	4569,36	4753,97

El Programa R (paquete *Boot* – código disponible en Anexo 10.8) proporciona la siguiente solución a los  $j=20$  programas lineales para un nivel de  $K_j$  fijado:

$j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_j$	1246,29	1430,90	1615,52	1800,13	1984,75	2169,36	2353,98	2538,59	2723,21	2907,82
$EV$	461,56	551,29	641,02	730,75	820,48	910,21	999,95	1089,68	1171,87	1223,53
$\alpha_1$	0%	13%	26%	38%	51%	64%	77%	90%	98%	89%
$\alpha_2$	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	11%
$\alpha_3$	100%	87%	74%	62%	49%	36%	23%	10%	0%	0%

$j$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$K_j$	3092,44	3277,05	3461,67	3646,28	3830,90	4015,51	4200,13	4384,74	4569,36	4753,97
$EV$	1275,18	1326,84	1378,50	1430,16	1481,81	1533,47	1585,13	1636,79	1688,44	1740,1
$\alpha_1$	80%	71%	63%	54%	45%	36%	27%	18%	9%	0%
$\alpha_2$	20%	29%	37%	46%	55%	64%	73%	82%	91%	100%
$\alpha_3$	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

La línea de eficiencia del programa viene representada por el siguiente gráfico:



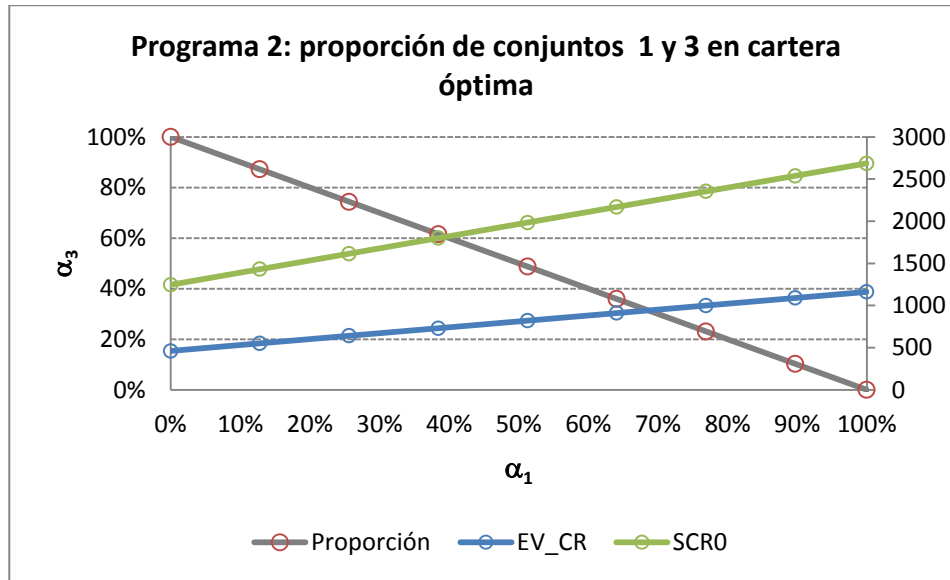
**Gráfico:** Línea de eficiencia del Programa 2. Elaboración propia

La línea está formada por dos secciones que tienen un punto común:

$$EV^{CR(I)} = EV^{CR(II)} \Rightarrow 0,2798 \times SCR_0 + 409,88 = 0,486 \times SCR_0 - 144,15 \Rightarrow SCR_0 = 2686,86 \text{ y } EV^{CR} = 1161,66 \text{ lo que corresponde a una proporción de los conjuntos en la cartera óptima } \alpha = [0 \ 0 \ 1].$$

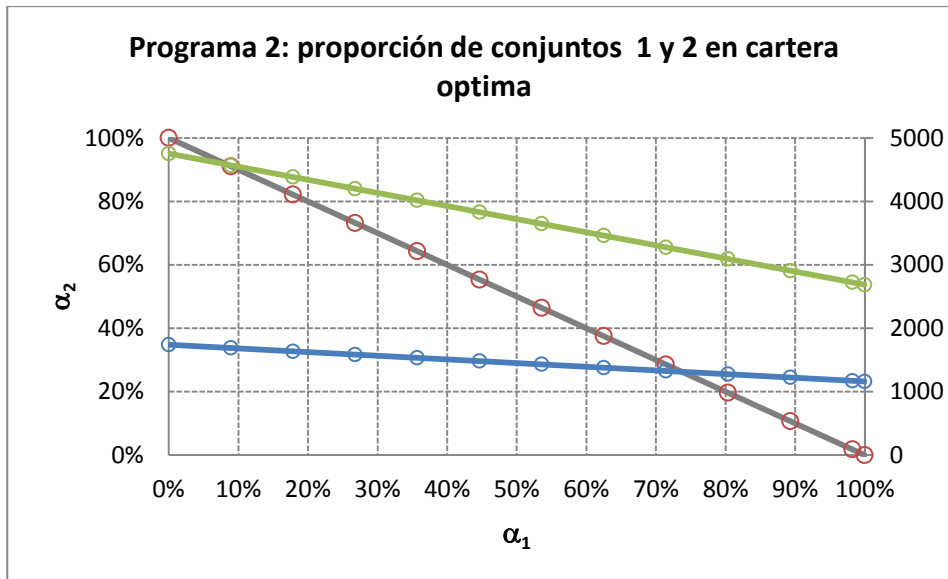
La cartera óptima viene formada por los tres conjuntos, aunque a la vez solamente figuran el conjunto 1 (contratos de duración media y sumas aseguradas medias) y el conjunto 3 (contratos de duración media y sumas aseguradas más bajas), lo que permite obtener un beneficio máximo para unos niveles de requisitos de capital

disponible inferior a 2686,86 EUR por póliza. Una mayor proporción del conjunto 3 en cartera se transfiere a unos requisitos mínimos de capital más bajos. Con el aumento del conjunto 1 en la cartera se incrementa el beneficio máximo accesible para un nivel mínimo de los requisitos de capital  $K_j$ .



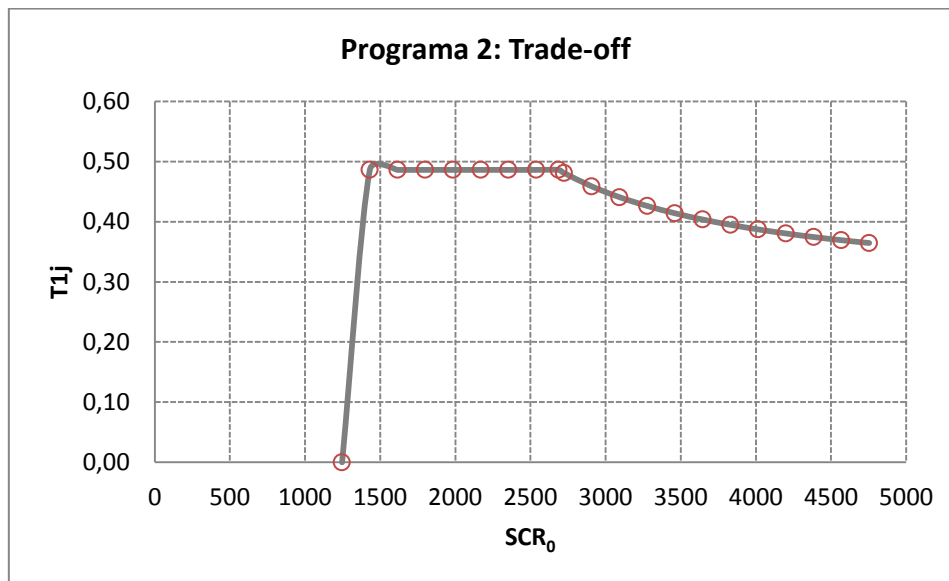
**Gráfico:** Proporción de conjuntos 1 y 3 en la cartera óptima para un nivel de  $SCR_0 \leq 2686,86$  EUR por póliza y el Problema 2. Elaboración propia

Si están disponibles requisitos de capital por encima de este nivel (2686,86 EUR por póliza), la cartera óptima que permite obtener un beneficio por póliza máximo para un nivel dado de requisitos de capital está formada por el conjunto 1 (contratos de larga duración y sumas aseguradas medias) y por el conjunto 2 (contratos de muy larga duración y más altas sumas aseguradas). Con el aumento del conjunto 2 en la cartera se incrementa el beneficio por póliza accesible para el nivel mínimo de  $SCR_0$  definido por  $K_j$ .



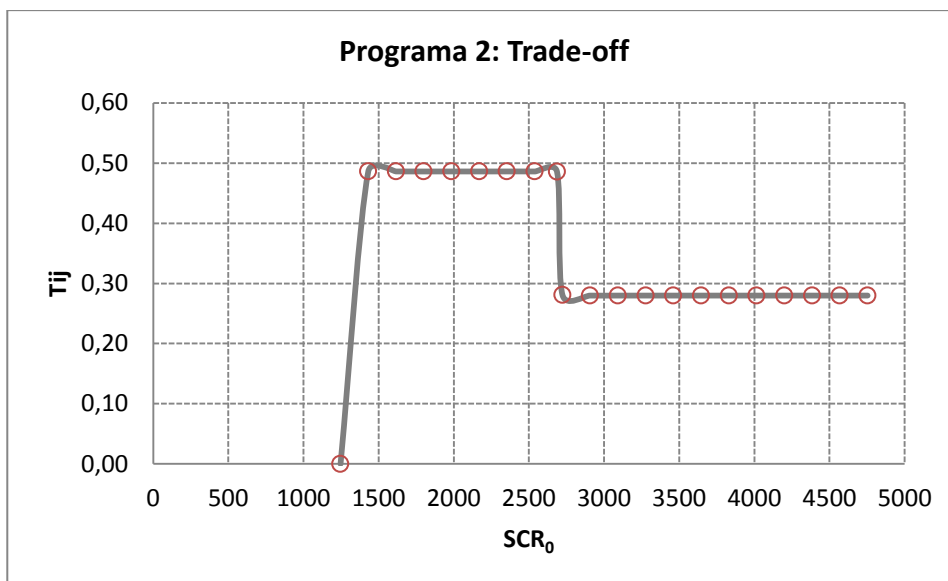
**Gráfico:** Proporción de conjuntos 1 y 2 en la cartera óptima para un nivel de  $SCR_0 > 2581,35$  EUR por póliza y el Problema 2. Elaboración propia

Por último, el *trade-off* para el Programa 2 está representado por la siguiente ilustración:



**Gráfico:** Trade-off entre soluciones eficientes para el Problema 1. Elaboración propia

El movimiento desde la solución eficiente  $\alpha = [0 \ 0 \ 1]$  hacia solución eficiente  $\alpha = [1 \ 0 \ 0]$  supone un aumento de requisitos proporcional al aumento del beneficio. El movimiento desde la solución eficiente  $\alpha = [1 \ 0 \ 0]$  hacia la solución eficiente  $\alpha = [0 \ 1 \ 0]$  supone un aumento del beneficio cada vez más pequeño.



**Gráfico:** Trade-off entre soluciones eficientes para el Problema 1.  $T_{ij}$  asociado con el movimiento entre los puntos  $ij$  en la línea de eficiencia. Elaboración propia

#### 6.4. Implicaciones de la optimalidad de Pareto

Las líneas de eficiencia determinadas como soluciones del Programa 1 (6.3.1.) y del Programa 2 (6.3.2) representan los óptimos de Pareto asociados con el máximo beneficio y con unos requisitos mínimos de capital inicial (para  $t=0$ ) que permiten obtener este beneficio. La optimización del beneficio y de los requisitos de capital por 1 Euro de prima mensual indica que una compañía aseguradora que maximice su beneficio vendiendo el producto estudiado (un seguro de vida mixto con aceleración del pago en caso de diagnóstico de cáncer) debería ofrecer las pólizas con duración más larga (25-30 años) y las sumas aseguradas posiblemente más altas. Cuando los requisitos de capital suponen una limitación, se debería aumentar la proporción de pólizas de duración media (10-15 años) y las sumas aseguradas inferiores.

Además, el conjunto de pólizas dominado por los otros dos conjuntos del Programa 1 (el conjunto 1:  $EV^{CR}$  más bajo,  $SCR_0$  medio), se caracterizaba por una proporción de hombres significativamente más alta, lo que se relaciona con un beneficio más bajo que el obtenido con una prima unisex para el riesgo biométrico más alto, pero también con una mayor tasa de caídas de cartera asumida en caso de hombres.

La compañía aseguradora puede estar interesada también en la optimización de los requisitos de capital y el beneficio en el nivel de póliza (Programa 2). Entonces una decisión adecuada en el caso en que los requisitos de capital inicial no suponen una limitación, sería ofrecer las pólizas con sumas aseguradas y primas más altas, sin considerar la duración del contrato ni la edad del asegurado. Cuando la minimización de los requisitos de capital tiene más importancia, se debería aumentar la proporción de pólizas de tamaño más pequeño. Sin embargo, el incremento de *embedded value* por póliza relacionado con los contratos de duración más larga puede ser demasiado pequeño para justificar un incremento superior de los requisitos de capital de Solvencia II (lo que confirma la observación de la función de *trade-off*). Por lo tanto, los contratos de tamaño medio pueden resultar una opción más interesante frente a los contratos con primas y sumas aseguradas más grandes.

## 7. CONCLUSIONES

En la introducción al presente estudio se han propuesto unas medidas complementarias de gestión de pasivos de seguros de vida de larga duración, desde la perspectiva de desarrollo de productos. El objetivo de estas medidas complementarias de gestión de pasivos es optimizar el valor de los pasivos y a su vez maximizar el beneficio. Estas medidas consisten en:

- cálculo del valor actual de las obligaciones lo más adecuado posible
- gestión de la duración de los contratos
- consideración del valor de rescate y de los intereses acreditados al cliente
- diseño de una cobertura rentable y atractiva (para el cliente y el accionista)
- cálculo de medidas de beneficio que incluyan el capital de solvencia

Para ilustrar el impacto de las medidas propuestas, se diseñó en primer lugar un modelo particular de seguro de vida y supervivencia con aceleración de pago en caso de diagnóstico de cáncer. El hecho de basarse en un modelo particular implica que no todas las recomendaciones obtenidas en el estudio tienen un carácter general. Por otro lado, este enfoque permite realizar un estudio posiblemente más amplio y cercano a la práctica.

Para el modelo construido se ha realizado una proyección de flujos de caja, y posteriormente se han calculado los requisitos de capital de Solvencia II según la fórmula estándar. En base a los flujos de caja y considerando los requisitos de capital de solvencia, se ha realizado una modelización y un análisis que ha permitido obtener la primera observación importante: que dentro del sub-módulo de riesgo de suscripción de vida el elemento principal corresponde al riesgo de caídas de cartera.

La normativa de Solvencia II permite la creación de modelos parciales si estos permiten un mejor ajuste del valor de los requisitos de capital de solvencia a la realidad. Por lo tanto, un primer paso en la optimización de los requisitos de capital consiste en el análisis de los requisitos de capital por el riesgo de caídas de cartera. Se ha realizado el cálculo de requisitos de capital calibrados al 99,5-percentil de  $VaR_\alpha$  para dos supuestos diferentes sobre el comportamiento de las tasas:

- incluyendo el impacto de un aumento o descenso permanente de las tasas de caída de cartera y una componente estocástica de menor impacto
- asumiendo plena independencia de los escenarios de caída de cartera.

Para cada uno de los supuestos se han generado 10.000 escenarios que asumían una distribución simétrica y normal, y tres niveles de variabilidad.

La primera conclusión consiste en que para todos los productos similares al producto estudiado, los requisitos de capital calculados mediante la fórmula estándar pueden no ser suficientes para cubrir las necesidades de capital incluso en el peor de los 200 años. En el nivel del sub-módulo de riesgo de suscripción de vida, los escasos capitales pueden cubrir en parte los requisitos de capital por riesgo de morbilidad o mortalidad. Aunque la fórmula estándar asume que no existe correlación entre el riesgo de caídas de cartera y el riesgo de morbilidad o mortalidad, durante los primeros años una tasa de caídas superior a la esperada implica una mayor disminución de cartera en vigor, por lo que los pagos de beneficios por morbilidad o mortalidad deberían disminuir también. Sin embargo, aunque esta observación requiere llevar a cabo estudios adicionales para otros tipos de productos, parece probable que la fórmula estándar en cuanto al riesgo de caídas de cartera puede ser demasiado onerosa para los productos similares al estudiado.

Desde la perspectiva de producto esto implica una gran importancia del riesgo de las tasas de caída de cartera sobre el valor de los pasivos, la solvencia y el beneficio para el accionista. En el nivel de desarrollo de productos parece muy importante hacer todo lo posible para:

- disminuir las tasas de liquidación en los primeros años de contrato
- en el caso de los productos que asumen un beneficio de supervivencia y un pago del valor de la póliza en caso de rescate, se debe evitar la situación en la que el incremento de las tasas de caídas supone la mayor pérdida (valor de rescate por encima del valor de las provisiones técnicas), y también evitar la situación en la que la disminución de la tasa de rescates supone la mayor pérdida (a causa de los altos costes de liquidación que suponen un beneficio para el producto).
- controlar las tasas de liquidación durante la vida de los contratos

Con el fin de optimizar los requisitos de capital y maximizar el beneficio para el accionista, se propone una optimización de la proporción de sub-carteras en la

producción total (cartera global). Esta optimización se realiza para los conjuntos de pólizas homogéneos según los requisitos de capital inicial ( $SCR_0$ ) o el beneficio inicial ( $EV_0^{CR}$  - *new business embedded value*) para dos posibles agrupaciones:

- requisitos de capital y beneficio definidos por 1 Euro de prima mensual
- requisitos de capital y beneficio definidos en nivel de 1 póliza.

La razón de considerar estas dos agrupaciones es la fuerte correlación entre el nivel de requisitos de capital y el beneficio con nivel de prima.

Mediante la optimización de Pareto se pueden obtener las siguientes conclusiones generales:

- los contratos con duración más larga (25-30 años) permiten un beneficio medido por el *embedded value* más alto, pero también requieren mayores capitales de solvencia;
- los contratos de primas o sumas aseguradas más altas permiten un beneficio más alto con los requisitos de capital superiores aunque más alineados;
- una buena opción para maximizar el beneficio cuando los requisitos de capital suponen una limitación, consiste en la venta de los contratos de duración 10-20 años como una alternativa a los contratos más largos (25-30 años)

Este tipo de optimización de requisitos de capital se puede realizar desde el nivel de gestión de productos introduciendo algunos incentivos para la venta de productos con unas determinadas características (por ejemplo, la duración del contrato), o bien mediante unos materiales comerciales que consideran el perfil de cliente más demandado (por ejemplo, altas sumas aseguradas para el cliente VIP o una mayor proporción de mujeres).

Adicionalmente, en relación a otras propuestas sobre medidas complementarias de gestión de pasivos, durante el análisis se concluye que:

- Las tablas de vida dinámicas permiten un cálculo del valor de las obligaciones más adecuado; además, cuando se aplican al cálculo de las primas de seguro, permiten obtener una prima más ajustada al riesgo asegurado, que puede ser más atractiva al cliente y puede favorecer el incremento de la venta frente a los competidores.
- Los parámetros relevantes en el riesgo biométrico, sobre todo el género para los productos con primas independientes del género (*unisex pricing*), también tienen un impacto sobre el beneficio y los requisitos de capital. Sin embargo, incluso

para un producto con una importante parte de protección (un seguro de vida o supervivencia con aceleración de pago en caso de diagnóstico de cáncer), parece que la tasa de caídas de cartera tiene un impacto muy significativo.

La aportación clave del presente trabajo consiste en un estudio muy amplio de los requisitos de capital de solvencia desde la perspectiva de producto. Existen varios estudios que se enfocan en la gestión de pasivos desde la perspectiva de modelos internos. Sin embargo, muy pocos consideran lo que se puede hacer desde la perspectiva de producto para optimizar los requisitos de capital y a su vez maximizar el beneficio.

La siguiente aportación importante consiste en la modelización estocástica de los requisitos de capital por el riesgo de caídas de cartera. Aunque se trata de un riesgo que influye en los requisitos de capital incluidos en el sub-módulo de riesgo de suscripción de vida, todavía existen pocas publicaciones [16] que comprueban cómo la formula estándar se ajusta a las situaciones reales respecto a las caídas de cartera.

Por último, se demuestra cómo una alternativa - una aplicación de la optimización de Pareto que permite la optimización de los capitales de solvencia y la maximización del beneficio - puede proporcionar una herramienta complementaria de gestión de pasivos desde la perspectiva de producto. Se comprueba que esta metodología puede ser una herramienta muy eficaz.

Entre las futuras líneas de investigación sugeridas por este estudio, destacamos la creación de un modelo parcial que considere los requisitos de capital por riesgo de caídas de cartera en relación al riesgo de morbilidad y mortalidad. Otra posible línea de investigación consiste en la optimización de Pareto de la cartera que incluye un comportamiento estocástico de las tasas de caída de cartera, y el análisis de su impacto sobre el nivel de requisitos de capital y el beneficio.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alonso González, P. J., & Albarrán Lozano, I. (2008). *Análisis del riesgo en seguros en el marco de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping*. Fundación Mapfre.
- [2] Balbás de la Corte, A., & Gil Fana, J.A. (2005). *Programación matemática*. 2ª edición. Thomson Editores Spain.
- [3] Ballester, E., & Romero, C. (1998). *Multiple Criteria Decision Making: An Introduction*. In *Multiple Criteria Decision Making and its Applications to Economic Problems* (pp. 1-10). Springer US.
- [4] Boller P., Grégoire C., & Kawano T. (2015). *IAA Risk Book. Operational Risk*. International Actuarial Association.
- [5] Booth, H. (2006). *Demographic forecasting: 1980 to 2005 in review*. *International Journal of Forecasting*, 22(3), 547-581.
- [6] Booth, P., Chadburn, R., Haberman, S., James, D., Khorasane, Z., Plumb, R. H., & Rickayzen, B. (2004). *Modern actuarial theory and practice*. CRC Press.
- [7] Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. (1997). *Actuarial Mathematics*. Society of Actuaries.
- [8] Cantle N., Clark D., Kent J., & Verheugen H. (2012). *A brief overview of current approaches to operational risk under Solvency II*. Milliman White Paper.
- [9] CEIOPS (2009). *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Technical provisions – Elements of actuarial and statistical methodologies for the calculation of the best estimate*. CEIOPS-DOC-21/0. Former Consultation Paper 26.
- [10] CEIOPS (2010). *CEIOPS' Advice for Level 2 Implementing Measures on Solvency II: Partial internal models*. Former Consultation Paper 65.
- [11] Christiansen, M. C., Eling, M., Schmidt, J. P., & Zirkelbach, L. (2015). *Who is changing health insurance coverage? Empirical evidence on policyholder dynamics*. *Journal of Risk and Insurance*.
- [12] Clark K., Manghnani V., & Hsiu-Mei Chang H. (2015). *IAA Risk Book. Catastrophe Risk*. International Actuarial Association.

- [13] Clarke S., Mitchell S., & Phelan E. (2014). *Capital management in a Solvency II world*, Milliman Research Report.
- [14] Continuous Mortality Investigation Bureau (1999). *Standard tables of mortality based on the 1991-1994 experiences*. CMI Report no. 17. London: Institute of Actuaries and Faculty of Actuaries.
- [15] CMI Committee (2007). *Stochastic projection methodologies: Lee-Carter model features, example results and implications*. CMI Report no. 25. London: Institute of Actuaries and Faculty of Actuaries.
- [16] Conwill S. (2016). *Life insurance risks. Observations on Solvency II and the modelling of capital needs*. Milliman White Paper.
- [17] Cuadras C. M. (2014). *Nuevos métodos de Análisis Multivariante*. CMC Editions.
- [18] Debón, A., Martínez, F., & Montes, F. (2006, December). *Dynamic life tables: Age-period-cohort models*. In INSURANCE MATHEMATICS & ECONOMICS (Vol. 39, No. 3, pp. 425-425). PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS: ELSEVIER SCIENCE BV.
- [19] Debón Aucejo, A., Martínez Ruiz, F., & Montes Suay, F. (2007). *Modelo Lee-Carter extendido*. XV Jornadas de ASEPUMA y III Encuentro Internacional. Palma de Mallorca, 20-21.
- [20] Dickson, D. C., Hardy, M. R., & Waters, H. R. (2013). *Actuarial mathematics for life contingent risks*. Cambridge University Press.
- [21] Directiva 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009, sobre el seguro de vida, el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II)
- [22] Dylewska, E., & Galindo Villardón, M. P. (2011). *Aplicación del modelo de Lee-Carter para la construcción de tablas de mortalidad dinámicas para Polonia y España*. Universidad de Salamanca: Trabajo Fin de Máster no publicado.
- [23] Dylewska, E., & Galindo Villardón, M. P. (2012). *Construcción de tablas de vida dinámicas para uno o dos sexos*. Pecunia: revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, (1), 165-178.
- [24] Dylewska, E., Gil Fana J. A. , Heras Martínez A. J. , & Vilar Zanón J. L. (2013). *Aplicación de tablas de vida dinámicas en modelización de riesgo de longevidad*

- o de cambio de estructura de pólizas*. IV Congreso Ibérico de Actuarios, Barcelona.
- [25] Easton A., Harris T., & Abkemeier N. (2014). *Actuarial Aspects of Individual Life insurance and Annuity Contracts*. ACTEX Publications.
- [26] EIOPA (2010). *QIS 5 Risk-free interest rates – Extrapolation method*. <https://eiopa.europa.eu>
- [27] EIOPA (2014). *Technical Specification for the Preparatory Phase (Part I)*. EIOPA-14/209. <https://eiopa.europa.eu>
- [28] EIOPA (2014). *The underlying assumptions in the standard formula for the Solvency Capital Requirement calculation*. EIOPA-14-322. <https://eiopa.europa.eu>
- [29] EIOPA (2014). *Annexes to the Technical Specification for the Preparatory Phase (Part I)*. EIOPA-14-211. <https://eiopa.europa.eu>
- [30] EIOPA (2017). *Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures*, EIOPA-BoS-15/035,. <https://eiopa.europa.eu>
- [31] García Casla A. I. & Román Martín J. M. (2013). *Embedded Value: Valoración de Compañías de Seguros. Modelos base para el cálculo de Capital Económico de Solvencia II*. Curso organizado por Instituto de Actuarios, Madrid.
- [32] Gil Fana J.A., Heras Martínez A. J., Villar Zanón J. L. (1999). *Matemática de los seguros de vida*. Editorial MAPFRE.
- [33] Girosi, F., & King, G. (2007). *Understanding the Lee-Carter Mortality Forecasting Method*. <http://gking.harvard.edu/files/abs/lc-abs.shtml>
- [34] Hauke, J., & Kossowski, T. (2011). *Comparison of Values of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients on the Same Set of Data*. *Quaestiones Geographicae*, 30(2), 87-93.
- [35] Hull, J. C. (1999). *Introduction to Futures and Options Markets*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [36] Instituto Nacional de Estadística (2016). *Defunciones según la causa de muerte. Año 2014*. Notas de prensa 30 de marzo de 2016. <http://www.ine.es/prensa/np963.pdf>

- [37] International Actuarial Association (2010). *Stochastic Modeling: Theory and Reality from an Actuarial Perspective*. Annals of Actuarial Science, 418pp. 5(02), 313-315.
- [38] Koller, M. (2011). *Life insurance risk management essentials*. Springer Science & Business Media.
- [39] Koller, M. (2012). *Stochastic models in life insurance*. Springer Science & Business Media.
- [40] Kriele, M., & Wolf, J. (2014). *Value-oriented risk management of insurance companies*. Springer Science & Business Media.
- [41] Lee, R. D., & Carter, L. R. (1992). *Modeling and forecasting US mortality*. Journal of the American statistical association, 87(419), 659-671.
- [42] López Cachero, M., & López de la Manzanara Barbero, J. L. (1996). *Estadística para actuarios*. Editorial Mapfre.
- [43] Ministerio de Economía y Competitividad: Tesoro Público. Página web: [www.tesoro.es](http://www.tesoro.es)
- [44] Pearson, K. (1896). *Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, containing papers of a mathematical or physical character, 187, 253-318.
- [45] Pearson, K. (1920). *Notes on the history of correlation*. Biometrika, 13(1), 25-45.
- [46] Pitacco E., Denuit M., Haberman S., & Olivieri A. (2009). *Modelling Longevity Dynamics for Pensions and Annuity Business*. Oxford University Press Inc.
- [47] Pitacco E., & Olivieri A. (2011). *Introduction to Insurance Mathematics*. Springer Science & Business Media
- [48] Reglamento Delegado (UE) 2015/35 de la Comisión de 10 de Octubre de 2014 por el que se completa la Directiva 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II)
- [49] Rossa, A. (2009). *Dynamiczne tablice trwania życia oparte na metodologii Lee-Cartera i ich zastosowanie do obliczania wysokości świadczeń emerytalnych*. Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica, 231, 367-384.

- [50] Rüfenacht, N. (2012). *Implicit embedded options in life insurance contracts: a market consistent valuation framework*. Springer Science & Business Media.
- [51] Sandstrom, A. (2005). *Solvency: models, assessment and regulation*. CRC Press.
- [52] Scherer, B., & Martin, R. D. (2005). *Modern Portfolio Optimization with NuOPT™, S-PLUS®, and S+ Bayes™*. Springer Science & Business Media.
- [53] Spearman, C. (1904). “*General Intelligence*”, *Objectively Determined and Measured*. The American Journal of Psychology, 15(2), 201-292.
- [54] Spearman, C. (1904). *The proof and measurement of association between two things*. The American journal of psychology, 15(1), 72-101.
- [55] UNESPA (2007). *El modelo Español de Solvencia paso a paso*. Asociación Empresarial de Seguro UNESPA.
- [56] UNESPA (2015). *Solvencia II. De un vistazo*. Asociación Empresarial de Seguro UNESPA.
- [57] Ward R., Cocke M., & Osman R. (2013). *Living with Solvency II: An economic capital perspective from recent history*. Milliman Research Report.
- [58] Willis Towers Watson (2016). *Internal models – market practice and approaches in Europe*. Warsaw Actuarial Summer School 2016.
- [59] Zopounidis, C., & Pardalos, P. M. (Eds.). (2010). *Handbook of multicriteria analysis* (Vol. 103). Springer Science & Business Media.

## 9. ANEXO

### 9.1. Base estadística

**Tabla 1:** Probabilidad de muerte a la edad  $x$  ( $q_x$  para hombres – H y mujeres - M), Fuente: INE (2012); probabilidad de diagnosticar el cáncer a la edad  $x$  ( $i_x$  para hombres – H y mujeres - M), Fuente: GLOBOCAN (2012)

$x$	$q_x^H$	$q_x^M$	$i_x^H$	$i_x^M$
0	0.00319	0.00278	0.00005	0.00003
1	0.00025	0.00023	0.00006	0.00004
2	0.00015	0.00018	0.00008	0.00006
3	0.00011	0.00009	0.00009	0.00007
4	0.00011	0.00008	0.00011	0.00008
5	0.00012	0.00009	0.00012	0.00009
6	0.00007	0.00005	0.00014	0.00010
7	0.00010	0.00009	0.00015	0.00011
8	0.00009	0.00007	0.00017	0.00014
9	0.00012	0.00010	0.00018	0.00017
10	0.00008	0.00004	0.00019	0.00020
11	0.00010	0.00008	0.00021	0.00023
12	0.00010	0.00007	0.00022	0.00026
13	0.00014	0.00010	0.00023	0.00030
14	0.00013	0.00007	0.00025	0.00033
15	0.00019	0.00010	0.00026	0.00036
16	0.00022	0.00012	0.00027	0.00039
17	0.00025	0.00013	0.00028	0.00042
18	0.00023	0.00014	0.00030	0.00045
19	0.00030	0.00021	0.00031	0.00048
20	0.00039	0.00014	0.00032	0.00051
21	0.00036	0.00015	0.00034	0.00054
22	0.00038	0.00017	0.00035	0.00057
23	0.00037	0.00018	0.00036	0.00060
24	0.00043	0.00011	0.00038	0.00064
25	0.00039	0.00020	0.00039	0.00067
26	0.00042	0.00020	0.00040	0.00070
27	0.00045	0.00019	0.00042	0.00073
28	0.00034	0.00019	0.00047	0.00083
29	0.00051	0.00023	0.00052	0.00093
30	0.00049	0.00025	0.00057	0.00104
31	0.00058	0.00024	0.00062	0.00114
32	0.00053	0.00031	0.00067	0.00124
33	0.00058	0.00027	0.00072	0.00135
34	0.00065	0.00029	0.00077	0.00145
35	0.00067	0.00034	0.00082	0.00155
36	0.00071	0.00038	0.00087	0.00165
37	0.00080	0.00047	0.00092	0.00176
38	0.00081	0.00052	0.00097	0.00186
39	0.00102	0.00047	0.00102	0.00196
40	0.00111	0.00060	0.00107	0.00207
41	0.00118	0.00064	0.00112	0.00217
42	0.00134	0.00065	0.00117	0.00227
43	0.00161	0.00083	0.00169	0.00271
44	0.00186	0.00096	0.00165	0.00268

45	0.00205	0.00097	0.00189	0.00289
46	0.00215	0.00113	0.00214	0.00310
47	0.00252	0.00127	0.00238	0.00330
48	0.00291	0.00153	0.00343	0.00380
49	0.00316	0.00156	0.00336	0.00377
50	0.00321	0.00161	0.00385	0.00400
51	0.00388	0.00184	0.00434	0.00423
52	0.00431	0.00192	0.00484	0.00446
53	0.00473	0.00223	0.00646	0.00489
54	0.00504	0.00232	0.00635	0.00486
55	0.00550	0.00232	0.00711	0.00506
56	0.00596	0.00271	0.00786	0.00525
57	0.00696	0.00289	0.00862	0.00545
58	0.00733	0.00298	0.01077	0.00586
59	0.00793	0.00326	0.01063	0.00583
60	0.00860	0.00356	0.01163	0.00602
61	0.00961	0.00385	0.01263	0.00621
62	0.01007	0.00416	0.01363	0.00640
63	0.01096	0.00433	0.01597	0.00690
64	0.01218	0.00460	0.01581	0.00686
65	0.01255	0.00464	0.01690	0.00710
66	0.01398	0.00549	0.01799	0.00733
67	0.01466	0.00630	0.01908	0.00756
68	0.01686	0.00664	0.02106	0.00816
69	0.01844	0.00741	0.02093	0.00812
70	0.01896	0.00781	0.02185	0.00839
71	0.02116	0.00944	0.02277	0.00867
72	0.02412	0.01011	0.02370	0.00895
73	0.02688	0.01178	0.02485	0.01012
74	0.03005	0.01335	0.02431	0.00957
75	0.03325	0.01579	0.02523	0.01051
76	0.03574	0.01775	0.02554	0.01082
77	0.04071	0.02035	0.02677	0.01206
78	0.04514	0.02409	0.02677	0.01206
79	0.05038	0.02819	0.02677	0.01206
80	0.05664	0.03228	0.02677	0.01206
81	0.06420	0.03813	0.02677	0.01206
82	0.07173	0.04436	0.02677	0.01206
83	0.08371	0.05257	0.02677	0.01206
84	0.09269	0.05935	0.02677	0.01206
85	0.10576	0.07074	0.02677	0.01206
86	0.11644	0.08063	0.02677	0.01206
87	0.13154	0.09451	0.02677	0.01206
88	0.14944	0.10796	0.02677	0.01206
89	0.16439	0.12534	0.02677	0.01206
90	0.18025	0.14290	0.02677	0.01206
91	0.20324	0.16291	0.02677	0.01206
92	0.23420	0.18236	0.02677	0.01206
93	0.23262	0.19715	0.02677	0.01206
94	0.27387	0.22487	0.02677	0.01206
95	0.28644	0.25739	0.02677	0.01206
96	0.31631	0.26483	0.02677	0.01206
97	0.34575	0.28859	0.02677	0.01206
98	0.35007	0.31372	0.02677	0.01206
99	0.34595	0.33337	0.02677	0.01206
100	0.34244	0.35956	0.02677	0.01206

## 9.2. El cálculo de Factor de reducción de mortalidad (Reduction Factor – RF)

**Tabla 3:** Coeficientes de la función del Factor de reducción de mortalidad estimados;  
Fuente: elaboración propia

	H	M
<b>c</b>	0.00	0.22
<b>h</b>	0.56	0.48
<b>k</b>	1.00	1.00
<b>x</b>	40	40
<b>n</b>	20	

Factor de reducción de mortalidad:

$$RF(x) = \begin{cases} 1 + (1 - c) \cdot \frac{x - 100}{100 - x_m} & x < x_m \\ 1 & x_m \leq x < 100 \\ 1 & x = 100 \end{cases}$$

dónde:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{(100 - x) \cdot h + (x - x_m) \cdot k}{k} & x < x_m \\ \frac{(100 - x) \cdot h + (x - x_m) \cdot k}{k} & x_m \leq x < 100 \\ \frac{(100 - x) \cdot h + (x - x_m) \cdot k}{k} & x = 100 \end{cases}$$

**Tabla 4:** El cálculo de factor de reducción de mortalidad en base de tablas de mortalidad (Fuente: INE 1991, 2011); Fuente: elaboración propia

	1991	1991	2011	2011	H	H	M	M	H	M	H	M	H	M
<b>x</b>	$q_x^H$	$q_x^M$	$q_x^H$	$q_x^M$	<b>a(x)</b>	<b>f(x)</b>	<b>a(x)</b>	<b>f(x)</b>	<b>RF(x.t) exp</b>	<b>RF(x.t) exp</b>	<b>RF(x.t)*</b>	<b>RF(x.t)*</b>	<b>Error</b>	<b>Error</b>
0	0.0079	0.0064	0.0032	0.0028	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.4016	0.4425	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
1	0.0007	0.0006	0.0003	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3656	0.4593	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
2	0.0005	0.0003	0.0002	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3919	0.3342	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
3	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.5005	0.3473	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3462	0.4416	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
5	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3228	0.4349	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
6	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.4788	0.5829	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
7	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3660	0.3227	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
8	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3753	0.3455	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
9	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.4862	0.4089	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
10	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3901	0.5423	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
11	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3199	0.5262	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
12	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3544	0.4332	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
13	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3263	0.7243	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
14	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.6527	0.5368	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
15	0.0005	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2941	0.5363	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
16	0.0008	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2274	0.4437	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
17	0.0009	0.0003	0.0002	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2896	0.6680	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
18	0.0011	0.0004	0.0004	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3485	0.3382	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
19	0.0013	0.0004	0.0004	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3118	0.5635	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
20	0.0015	0.0004	0.0004	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3023	0.3371	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000

21	0.0015	0.0004	0.0005	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3541	0.3146	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
22	0.0017	0.0005	0.0004	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2370	0.3532	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
23	0.0016	0.0004	0.0004	0.0001	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2320	0.3308	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
24	0.0016	0.0005	0.0004	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2613	0.3346	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
25	0.0019	0.0005	0.0004	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2208	0.3959	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
26	0.0019	0.0005	0.0004	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2119	0.3411	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
27	0.0019	0.0005	0.0005	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2417	0.3547	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
28	0.0021	0.0006	0.0005	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2275	0.3406	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
29	0.0022	0.0006	0.0005	0.0002	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2236	0.3404	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
30	0.0022	0.0007	0.0006	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2516	0.3980	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
31	0.0021	0.0006	0.0005	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2520	0.4822	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
32	0.0021	0.0006	0.0005	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.2428	0.5112	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
33	0.0020	0.0007	0.0007	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3297	0.3915	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
34	0.0020	0.0007	0.0006	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3130	0.5059	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
35	0.0021	0.0007	0.0007	0.0003	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3535	0.4598	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
36	0.0021	0.0008	0.0007	0.0004	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.3613	0.5627	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
37	0.0019	0.0008	0.0009	0.0004	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.4482	0.5635	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
38	0.0021	0.0009	0.0009	0.0005	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.4103	0.6071	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
39	0.0023	0.0009	0.0010	0.0006	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.4587	0.6645	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
40	0.0023	0.0010	0.0012	0.0006	0.0000	0.5614	0.2200	0.4800	0.5117	0.6441	0.4386	0.6256	0.0000	0.0000
41	0.0024	0.0010	0.0013	0.0007	0.0167	0.5687	0.2330	0.4887	0.5432	0.6462	0.4408	0.6252	0.0000	0.0000
42	0.0027	0.0011	0.0014	0.0008	0.0333	0.5760	0.2460	0.4973	0.5363	0.7331	0.4432	0.6250	0.0000	0.0000
43	0.0030	0.0015	0.0018	0.0010	0.0500	0.5833	0.2590	0.5060	0.5931	0.6704	0.4458	0.6251	0.0000	0.0000
44	0.0030	0.0013	0.0018	0.0010	0.0667	0.5907	0.2720	0.5147	0.6075	0.7655	0.4487	0.6253	0.0000	0.0000
45	0.0034	0.0014	0.0021	0.0010	0.0833	0.5980	0.2850	0.5233	0.6130	0.6957	0.4519	0.6258	0.0000	0.0000
46	0.0039	0.0016	0.0024	0.0012	0.1000	0.6053	0.2980	0.5320	0.5991	0.7180	0.4553	0.6265	0.0000	0.0000
47	0.0043	0.0018	0.0028	0.0014	0.1167	0.6126	0.3110	0.5407	0.6379	0.7473	0.4589	0.6275	0.0000	0.0000
48	0.0043	0.0019	0.0029	0.0014	0.1333	0.6199	0.3240	0.5493	0.6812	0.7676	0.4628	0.6287	0.0000	0.0000
49	0.0045	0.0019	0.0032	0.0017	0.1500	0.6272	0.3370	0.5580	0.7163	0.9000	0.4669	0.6300	0.0000	0.0000
50	0.0053	0.0022	0.0038	0.0017	0.1667	0.6345	0.3500	0.5667	0.7109	0.7537	0.4712	0.6317	0.0000	0.0000
51	0.0059	0.0025	0.0040	0.0021	0.1833	0.6418	0.3630	0.5753	0.6687	0.8491	0.4758	0.6335	0.0000	0.0000
52	0.0050	0.0024	0.0047	0.0022	0.2000	0.6491	0.3760	0.5840	0.9446	0.9174	0.4807	0.6356	0.0000	0.0000
53	0.0067	0.0029	0.0048	0.0023	0.2167	0.6564	0.3890	0.5927	0.7207	0.7755	0.4858	0.6379	0.0000	0.0000
54	0.0080	0.0033	0.0055	0.0022	0.2333	0.6638	0.4020	0.6013	0.6875	0.6737	0.4911	0.6404	0.0000	0.0000
55	0.0083	0.0032	0.0056	0.0023	0.2500	0.6711	0.4150	0.6100	0.6705	0.6999	0.4967	0.6432	0.0000	0.0000
56	0.0087	0.0034	0.0066	0.0028	0.2667	0.6784	0.4280	0.6187	0.7561	0.8193	0.5025	0.6461	0.0000	0.0000
57	0.0100	0.0037	0.0069	0.0029	0.2833	0.6857	0.4410	0.6273	0.6852	0.7821	0.5086	0.6493	0.0000	0.0000
58	0.0109	0.0044	0.0077	0.0030	0.3000	0.6930	0.4540	0.6360	0.7060	0.6884	0.5149	0.6527	0.0000	0.0000
59	0.0119	0.0045	0.0081	0.0035	0.3167	0.7003	0.4670	0.6447	0.6789	0.7919	0.5215	0.6564	0.0000	0.0000
60	0.0126	0.0049	0.0086	0.0035	0.3333	0.7076	0.4800	0.6533	0.6873	0.7165	0.5283	0.6603	0.0000	0.0000
61	0.0138	0.0054	0.0091	0.0036	0.3500	0.7149	0.4930	0.6620	0.6596	0.6642	0.5353	0.6644	0.0000	0.0000
62	0.0149	0.0065	0.0107	0.0041	0.3667	0.7222	0.5060	0.6707	0.7225	0.6378	0.5426	0.6687	0.0000	0.0000
63	0.0164	0.0068	0.0119	0.0046	0.3833	0.7295	0.5190	0.6793	0.7246	0.6696	0.5501	0.6732	0.0000	0.0000
64	0.0188	0.0077	0.0113	0.0042	0.4000	0.7368	0.5320	0.6880	0.6013	0.5408	0.5579	0.6780	0.0000	0.0000
65	0.0199	0.0081	0.0132	0.0050	0.4167	0.7442	0.5450	0.6967	0.6667	0.6186	0.5659	0.6830	0.0000	0.0000
66	0.0213	0.0092	0.0142	0.0053	0.4333	0.7515	0.5580	0.7053	0.6666	0.5783	0.5742	0.6882	0.0000	0.0000
67	0.0243	0.0100	0.0160	0.0062	0.4500	0.7588	0.5710	0.7140	0.6602	0.6244	0.5827	0.6937	0.0000	0.0000
68	0.0266	0.0115	0.0166	0.0069	0.4667	0.7661	0.5840	0.7227	0.6246	0.5974	0.5914	0.6994	0.0000	0.0000
69	0.0295	0.0129	0.0161	0.0069	0.4833	0.7734	0.5970	0.7313	0.5454	0.5395	0.6004	0.7053	0.0000	0.0000
70	0.0318	0.0146	0.0210	0.0087	0.5000	0.7807	0.6100	0.7400	0.6595	0.5939	0.6096	0.7114	0.0000	0.0000
71	0.0340	0.0170	0.0223	0.0095	0.5167	0.7880	0.6230	0.7487	0.6574	0.5590	0.6191	0.7178	0.0000	0.0000
72	0.0359	0.0182	0.0210	0.0091	0.5333	0.7953	0.6360	0.7573	0.5853	0.4983	0.6288	0.7243	0.0000	0.0000
73	0.0412	0.0211	0.0266	0.0114	0.5500	0.8026	0.6490	0.7660	0.6450	0.5423	0.6388	0.7311	0.0000	0.0000
74	0.0456	0.0240	0.0315	0.0144	0.5667	0.8099	0.6620	0.7747	0.6903	0.6011	0.6490	0.7382	0.0000	0.0000
75	0.0481	0.0270	0.0326	0.0165	0.5833	0.8173	0.6750	0.7833	0.6778	0.6112	0.6595	0.7454	0.0000	0.0000
76	0.0560	0.0319	0.0368	0.0174	0.6000	0.8246	0.6880	0.7920	0.6572	0.5457	0.6702	0.7529	0.0000	0.0000
77	0.0611	0.0359	0.0407	0.0210	0.6167	0.8319	0.7010	0.8007	0.6651	0.5841	0.6811	0.7606	0.0000	0.0000

78	0.0677	0.0419	0.0465	0.0244	0.6333	0.8392	0.7140	0.8093	0.6872	0.5819	0.6923	0.7685	0.0000	0.0001
79	0.0736	0.0472	0.0504	0.0281	0.6500	0.8465	0.7270	0.8180	0.6850	0.5948	0.7037	0.7767	0.0000	0.0001
80	0.0845	0.0560	0.0581	0.0323	0.6667	0.8538	0.7400	0.8267	0.6870	0.5779	0.7154	0.7851	0.0000	0.0001
81	0.0924	0.0635	0.0653	0.0379	0.6833	0.8611	0.7530	0.8353	0.7065	0.5971	0.7273	0.7937	0.0000	0.0002
82	0.1037	0.0710	0.0728	0.0434	0.7000	0.8684	0.7660	0.8440	0.7026	0.6108	0.7395	0.8025	0.0000	0.0002
83	0.1116	0.0832	0.0796	0.0507	0.7167	0.8757	0.7790	0.8527	0.7134	0.6089	0.7519	0.8116	0.0000	0.0003
84	0.1185	0.0893	0.0890	0.0599	0.7333	0.8830	0.7920	0.8613	0.7510	0.6708	0.7645	0.8208	0.0000	0.0002
85	0.1322	0.1043	0.0997	0.0680	0.7500	0.8904	0.8050	0.8700	0.7538	0.6526	0.7774	0.8304	0.0000	0.0003
86	0.1409	0.1140	0.1105	0.0783	0.7667	0.8977	0.8180	0.8787	0.7840	0.6873	0.7905	0.8401	0.0000	0.0003
87	0.1597	0.1262	0.1227	0.0903	0.7833	0.9050	0.8310	0.8873	0.7685	0.7153	0.8039	0.8500	0.0000	0.0003
88	0.1713	0.1457	0.1358	0.1047	0.8000	0.9123	0.8440	0.8960	0.7930	0.7187	0.8175	0.8602	0.0000	0.0004
89	0.1800	0.1536	0.1484	0.1187	0.8167	0.9196	0.8570	0.9047	0.8247	0.7725	0.8314	0.8706	0.0000	0.0002
90	0.2015	0.1843	0.1619	0.1301	0.8333	0.9269	0.8700	0.9133	0.8033	0.7055	0.8455	0.8813	0.0001	0.0010
91	0.2155	0.1961	0.1696	0.1476	0.8500	0.9342	0.8830	0.9220	0.7872	0.7528	0.8599	0.8921	0.0002	0.0007
92	0.2147	0.1881	0.1738	0.1555	0.8667	0.9415	0.8960	0.9307	0.8096	0.8269	0.8745	0.9032	0.0002	0.0002
93	0.2498	0.2173	0.2083	0.1882	0.8833	0.9488	0.9090	0.9393	0.8339	0.8663	0.8893	0.9145	0.0002	0.0001
94	0.2675	0.2568	0.2217	0.1995	0.9000	0.9561	0.9220	0.9480	0.8287	0.7769	0.9044	0.9261	0.0004	0.0015
95	0.3019	0.2655	0.2441	0.2231	0.9167	0.9635	0.9350	0.9567	0.8085	0.8404	0.9197	0.9378	0.0011	0.0007
96	0.2860	0.2704	0.2601	0.2503	0.9333	0.9708	0.9480	0.9653	0.9093	0.9256	0.9353	0.9498	0.0001	0.0000
97	0.2978	0.2850	0.2636	0.2614	0.9500	0.9781	0.9610	0.9740	0.8850	0.9171	0.9511	0.9620	0.0004	0.0002
98	0.3292	0.3208	0.2757	0.2826	0.9667	0.9854	0.9740	0.9827	0.8375	0.8811	0.9672	0.9745	0.0018	0.0009
99	0.3664	0.3242	0.2891	0.2992	0.9833	0.9927	0.9870	0.9913	0.7889	0.9231	0.9835	0.9871	0.0051	0.0004
100	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000

*Objetivo: minimización de la suma de los errores cuadráticos (SS)*

	<b>H</b>	<b>M</b>
<b>SS =</b>	9.7807	8.6072

### 9.3. Tabla de vida dinámica

**Tabla 5:** Tabla de vida dinámica para la edad  $x$ , ejemplo de comportamiento para un individuo edad 40; unisex considera un 50% de mujeres; Fuente: elaboración propia

t	R(x,t) <sup>M</sup>	R(x,t) <sup>F</sup>	qx H	qx M	ix H	ix M	qx H <sup>CA</sup>	qx M <sup>CA</sup>	lx	lx	dx	dx	IF <sup>M</sup>	IF <sup>F</sup>	%F	kx <sup>F</sup>
													50%	50%		
0	1	1	0.0032	0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	50 000	50 000	161.38	140.45	49.84%	49.86%	50.01%	0.0000
1	1	1	0.0003	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	49 839	49 860	15.15	13.48	49.83%	49.85%	50.01%	0.0000
2	1	1	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	49 823	49 846	10.64	11.24	49.82%	49.84%	50.01%	0.0000
3	1	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	49 813	49 835	9.68	7.31	49.82%	49.84%	50.01%	0.0000
4	1	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	49 803	49 828	10.31	7.14	49.81%	49.83%	50.01%	0.0000
5	1	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	49 793	49 820	11.10	8.31	49.80%	49.83%	50.01%	0.0000
6	1	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	49 782	49 812	9.70	6.96	49.80%	49.82%	50.01%	0.0000
7	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	49 772	49 805	11.62	8.96	49.79%	49.82%	50.01%	0.0000
8	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	49 760	49 796	11.62	9.53	49.79%	49.82%	50.01%	0.0000
9	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	49 749	49 787	13.54	12.53	49.78%	49.81%	50.01%	0.0000
10	1	1	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	49 735	49 774	12.07	10.87	49.78%	49.81%	50.01%	0.0000
11	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	49 723	49 763	13.68	14.29	49.78%	49.81%	50.02%	0.0000
12	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	49 710	49 749	14.49	15.25	49.77%	49.80%	50.02%	0.0000
13	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	49 695	49 734	16.94	17.90	49.76%	49.80%	50.02%	0.0000
14	1	1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	49 678	49 716	16.66	17.90	49.76%	49.79%	50.02%	0.0000
15	1	1	0.0002	0.0001	0.0003	0.0004	0.0000	0.0001	49 661	49 698	20.39	20.45	49.75%	49.79%	50.02%	0.0000
16	1	1	0.0002	0.0001	0.0003	0.0004	0.0001	0.0001	49 641	49 677	22.09	22.81	49.74%	49.78%	50.02%	0.0000
17	1	1	0.0002	0.0001	0.0003	0.0004	0.0001	0.0001	49 619	49 655	24.31	24.63	49.72%	49.78%	50.03%	0.0000
18	1	1	0.0002	0.0001	0.0003	0.0004	0.0001	0.0001	49 595	49 630	23.80	26.73	49.71%	49.77%	50.03%	0.0000
19	1	1	0.0003	0.0002	0.0003	0.0005	0.0001	0.0001	49 571	49 603	28.08	31.32	49.70%	49.76%	50.03%	0.0000
20	1	1	0.0004	0.0001	0.0003	0.0005	0.0001	0.0001	49 543	49 572	33.02	29.60	49.68%	49.75%	50.04%	0.0000
21	1	1	0.0004	0.0001	0.0003	0.0005	0.0001	0.0001	49 510	49 542	32.12	31.25	49.66%	49.75%	50.04%	0.0000
22	1	1	0.0004	0.0002	0.0003	0.0006	0.0001	0.0001	49 478	49 511	33.40	33.57	49.64%	49.74%	50.05%	0.0000
23	1	1	0.0004	0.0002	0.0004	0.0006	0.0001	0.0001	49 444	49 478	33.56	35.57	49.62%	49.73%	50.05%	0.0000
24	1	1	0.0004	0.0001	0.0004	0.0006	0.0001	0.0001	49 411	49 442	36.90	33.37	49.60%	49.72%	50.06%	0.0000
25	1	1	0.0004	0.0002	0.0004	0.0007	0.0001	0.0001	49 374	49 409	35.46	39.25	49.58%	49.71%	50.07%	0.0000
26	1	1	0.0004	0.0002	0.0004	0.0007	0.0001	0.0001	49 338	49 369	37.43	40.51	49.56%	49.70%	50.07%	0.0000
27	1	1	0.0005	0.0002	0.0004	0.0007	0.0001	0.0001	49 301	49 329	39.60	41.39	49.54%	49.69%	50.08%	0.0000
28	1	1	0.0003	0.0002	0.0005	0.0008	0.0001	0.0001	49 261	49 287	35.56	45.65	49.52%	49.68%	50.08%	0.0000
29	1	1	0.0005	0.0002	0.0005	0.0009	0.0001	0.0001	49 226	49 242	45.89	51.32	49.50%	49.67%	50.09%	0.0000
30	1	1	0.0005	0.0002	0.0006	0.0010	0.0001	0.0002	49 180	49 190	46.73	56.64	49.47%	49.66%	50.09%	0.0000
31	1	1	0.0006	0.0002	0.0006	0.0011	0.0001	0.0002	49 133	49 134	53.03	60.49	49.44%	49.65%	50.10%	0.0000
32	1	1	0.0005	0.0003	0.0007	0.0012	0.0002	0.0002	49 080	49 073	52.39	67.70	49.42%	49.63%	50.11%	0.0000
33	1	1	0.0006	0.0003	0.0007	0.0013	0.0002	0.0002	49 028	49 006	56.93	70.00	49.39%	49.62%	50.12%	0.0000
34	1	1	0.0007	0.0003	0.0008	0.0014	0.0002	0.0003	48 971	48 936	62.00	74.99	49.36%	49.60%	50.12%	0.0000
35	1	1	0.0007	0.0003	0.0008	0.0016	0.0002	0.0003	48 909	48 861	64.62	81.39	49.32%	49.59%	50.13%	0.0000
36	1	1	0.0007	0.0004	0.0009	0.0017	0.0002	0.0003	48 844	48 779	68.27	87.64	49.29%	49.57%	50.14%	0.0000
37	1	1	0.0008	0.0005	0.0009	0.0018	0.0002	0.0003	48 776	48 692	74.68	95.90	49.25%	49.55%	50.15%	0.0000
38	1	1	0.0008	0.0005	0.0010	0.0019	0.0002	0.0003	48 701	48 596	76.76	102.45	49.21%	49.52%	50.16%	0.0000
39	1	1	0.0010	0.0005	0.0010	0.0020	0.0003	0.0004	48 624	48 493	88.93	104.01	49.16%	49.50%	50.17%	0.0000
40	1	1	0.0011	0.0006	0.0011	0.0021	0.0003	0.0004	48 535	48 389	94.96	113.91	40.57%	38.28%	48.55%	1317.6105
41	0.9595	0.975	0.0012	0.0006	0.0011	0.0022	0.0003	0.0004	49 758	46 958	100.54	116.18	35.23%	31.77%	47.42%	1085.8780
42	0.9205	0.95	0.0013	0.0007	0.0012	0.0023	0.0003	0.0004	50 743	45 756	110.54	117.17	31.52%	27.44%	46.54%	829.0397
43	0.8831	0.926	0.0016	0.0008	0.0017	0.0027	0.0006	0.0006	51 462	44 809	139.61	137.41	28.46%	24.01%	45.76%	745.2679
44	0.8473	0.902	0.0019	0.0010	0.0017	0.0027	0.0005	0.0006	52 068	43 927	148.88	138.36	25.95%	21.28%	45.06%	664.0028
45	0.8133	0.879	0.0021	0.0010	0.0019	0.0029	0.0007	0.0006	52 583	43 124	164.76	142.48	23.88%	19.10%	44.44%	585.1874
46	0.781	0.857	0.0022	0.0011	0.0021	0.0031	0.0008	0.0007	53 003	42 397	176.65	152.37	22.18%	17.35%	43.90%	508.8566
47	0.7505	0.836	0.0025	0.0013	0.0024	0.0033	0.0009	0.0007	53 335	41 736	199.05	161.20	20.79%	15.96%	43.44%	434.9685
48	0.7219	0.815	0.0029	0.0015	0.0034	0.0038	0.0013	0.0009	53 571	41 139	255.81	182.69	19.66%	14.86%	43.05%	373.2871

49	0.6952	0.796	0.0032	0.0016	0.0034	0.0038	0.0013	0.0009	53 689	40 583	260.14	179.56	18.77%	14.01%	42.74%	303.2926
50	0.6705	0.778	0.0032	0.0016	0.0039	0.0040	0.0015	0.0010	53 732	40 101	280.14	185.56	17.91%	13.20%	42.42%	306.3074
51	0.6476	0.761	0.0039	0.0018	0.0043	0.0042	0.0017	0.0011	53 758	39 609	322.00	196.72	17.09%	12.43%	42.11%	309.1459
52	0.6268	0.745	0.0043	0.0019	0.0048	0.0045	0.0018	0.0012	53 745	39 103	354.77	202.92	16.30%	11.71%	41.81%	311.8368
53	0.6078	0.73	0.0047	0.0022	0.0065	0.0049	0.0025	0.0014	53 702	38 588	435.46	220.24	15.55%	11.03%	41.51%	331.8981
54	0.5908	0.716	0.0050	0.0023	0.0063	0.0049	0.0024	0.0014	53 599	38 036	437.09	217.96	14.83%	10.39%	41.21%	327.7472
55	0.5758	0.704	0.0055	0.0023	0.0071	0.0051	0.0027	0.0015	53 489	37 490	480.84	219.72	14.14%	9.79%	40.91%	335.3549
56	0.5626	0.693	0.0060	0.0027	0.0079	0.0053	0.0030	0.0015	53 344	36 935	524.09	231.21	13.48%	9.22%	40.62%	342.5854
57	0.5513	0.683	0.0070	0.0029	0.0086	0.0055	0.0033	0.0016	53 162	36 361	582.43	236.83	12.84%	8.68%	40.33%	349.3730
58	0.5418	0.674	0.0073	0.0030	0.0108	0.0059	0.0041	0.0019	52 929	35 775	682.98	244.85	12.24%	8.17%	40.05%	377.5099
59	0.5342	0.666	0.0079	0.0033	0.0106	0.0058	0.0041	0.0019	52 624	35 153	687.85	246.00	11.66%	7.70%	39.77%	370.7988
60	0.5283	0.66	0.0086	0.0036	0.0116	0.0060	0.0045	0.0020	52 307	34 536	744.38	252.49	11.10%	7.24%	39.49%	380.6418
61	0.524	0.655	0.0096	0.0039	0.0126	0.0062	0.0049	0.0021	51 943	33 903	808.55	258.55	10.56%	6.82%	39.23%	389.7371
62	0.5214	0.652	0.0101	0.0042	0.0136	0.0064	0.0052	0.0022	51 524	33 255	856.79	264.36	10.05%	6.41%	38.96%	398.1072
63	0.5204	0.649	0.0110	0.0043	0.0160	0.0069	0.0062	0.0025	51 066	32 592	969.16	273.15	9.56%	6.03%	38.70%	422.7907
64	0.5209	0.648	0.0122	0.0046	0.0158	0.0069	0.0062	0.0025	50 519	31 896	984.33	272.12	9.08%	5.68%	38.46%	413.1868
65	0.5228	0.647	0.0125	0.0046	0.0169	0.0071	0.0066	0.0026	49 948	31 211	1 027.47	271.75	8.63%	5.34%	38.22%	419.6281
66	0.5261	0.648	0.0140	0.0055	0.0180	0.0073	0.0071	0.0028	49 340	30 519	1 096.39	287.11	8.20%	5.02%	37.98%	424.9981
67	0.5307	0.65	0.0147	0.0063	0.0191	0.0076	0.0076	0.0030	48 669	29 807	1 143.38	300.87	7.78%	4.72%	37.75%	429.3852
68	0.5364	0.653	0.0169	0.0066	0.0211	0.0082	0.0089	0.0035	47 955	29 077	1 251.22	309.57	7.37%	4.43%	37.54%	438.8410
69	0.5434	0.657	0.0184	0.0074	0.0209	0.0081	0.0088	0.0034	47 142	28 329	1 268.19	315.50	6.98%	4.16%	37.34%	426.7157
70	0.5513	0.662	0.0190	0.0078	0.0219	0.0084	0.0094	0.0037	46 301	27 586	1 292.30	319.25	6.61%	3.90%	37.14%	424.4087
71	0.5603	0.667	0.0212	0.0094	0.0228	0.0087	0.0101	0.0039	45 433	26 843	1 356.31	344.19	6.25%	3.66%	36.95%	421.0078
72	0.5702	0.674	0.0241	0.0101	0.0237	0.0089	0.0107	0.0042	44 498	26 078	1 435.25	351.00	5.89%	3.43%	36.79%	416.6139
73	0.5809	0.681	0.0269	0.0118	0.0248	0.0101	0.0137	0.0058	43 479	25 310	1 465.53	376.43	5.55%	3.21%	36.65%	395.3589
74	0.5924	0.689	0.0300	0.0133	0.0243	0.0096	0.0123	0.0051	42 409	24 538	1 520.57	389.95	5.21%	3.00%	36.54%	385.8720
75	0.6046	0.697	0.0332	0.0158	0.0252	0.0105	0.0147	0.0064	41 274	23 762	1 556.63	423.71	4.89%	2.80%	36.43%	365.5478
76	0.6174	0.706	0.0357	0.0177	0.0255	0.0108	0.0155	0.0069	40 083	22 973	1 578.42	444.51	4.57%	2.61%	36.34%	349.5198
77	0.6308	0.716	0.0407	0.0204	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	38 854	22 179	1 643.57	477.04	4.26%	2.43%	36.28%	326.2563
78	0.6447	0.726	0.0451	0.0241	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	37 537	21 376	1 705.11	519.92	3.96%	2.25%	36.24%	311.5892
79	0.6591	0.737	0.0504	0.0282	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	36 144	20 544	1 778.42	564.67	3.66%	2.08%	36.22%	296.4024
80	0.6738	0.748	0.0566	0.0323	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	34 661	19 683	1 865.07	605.06	3.37%	1.91%	36.24%	280.6878
81	0.6889	0.759	0.0642	0.0381	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	33 077	18 797	1 967.46	665.56	3.08%	1.75%	36.29%	264.2972
82	0.7042	0.771	0.0717	0.0444	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	31 374	17 868	2 051.04	723.83	2.79%	1.60%	36.36%	247.3964
83	0.7199	0.783	0.0837	0.0526	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	29 570	16 896	2 206.53	799.12	2.51%	1.44%	36.51%	229.3181
84	0.7357	0.795	0.0927	0.0594	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	27 593	15 868	2 265.58	843.61	2.24%	1.30%	36.71%	211.1889
85	0.7517	0.807	0.1058	0.0707	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	25 539	14 813	2 371.88	931.43	1.97%	1.16%	36.95%	192.1561
86	0.7679	0.819	0.1164	0.0806	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	23 359	13 690	2 389.02	981.06	1.72%	1.02%	37.22%	173.1707
87	0.7842	0.832	0.1315	0.0945	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	21 143	12 535	2 439.95	1 052.82	1.47%	0.88%	37.53%	153.6270
88	0.8006	0.845	0.1494	0.1080	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	18 857	11 329	2 474.05	1 091.14	1.24%	0.76%	37.96%	133.8808
89	0.817	0.857	0.1644	0.1253	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	16 517	10 104	2 398.89	1 134.77	1.03%	0.64%	38.35%	114.8869
90	0.8336	0.87	0.1803	0.1429	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	14 233	8 854	2 284.36	1 141.36	0.83%	0.53%	38.74%	96.6366
91	0.8501	0.883	0.2032	0.1629	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	12 045	7 616	2 194.39	1 127.94	0.66%	0.43%	39.23%	78.9162
92	0.8667	0.896	0.2342	0.1824	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	9 929	6 409	2 098.46	1 072.32	0.50%	0.34%	40.06%	62.0463
93	0.8834	0.909	0.2326	0.1971	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	7 893	5 275	1 685.26	964.43	0.38%	0.26%	40.51%	49.4441
94	0.9	0.922	0.2739	0.2249	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	6 257	4 261	1 584.10	897.04	0.28%	0.19%	41.40%	36.3391
95	0.9167	0.935	0.2864	0.2574	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	4 709	3 328	1 264.84	809.82	0.19%	0.14%	41.78%	26.6461
96	0.9333	0.948	0.3163	0.2648	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	3 471	2 491	1 041.72	631.63	0.13%	0.10%	42.93%	18.2620
97	0.95	0.961	0.3458	0.2886	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	2 448	1 841	813.16	514.49	0.08%	0.07%	44.40%	12.0287
98	0.9667	0.974	0.3501	0.3137	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	1 647	1 315	562.53	403.92	0.05%	0.04%	45.26%	8.0349
99	0.9833	0.987	0.3459	0.3334	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	1 092	903	374.73	298.22	0.03%	0.03%	45.33%	5.3374
100	1	1	0.3424	0.3596	0.0268	0.0121	0.0187	0.0086	723	599	249.39	215.98	0.02%	0.02%	44.34%	3.4805

dónde:

$k_x^F$  – el ajuste de  $l_x$  por cambio de estructura de pólizas por razón de distinto tanto de liquidación de uno de los géneros

## 9.4. Primas anuales del contrato

**Tabla 6:** Primas brutas unisex del contrato para edad  $x$ , calculadas para tabla de vida estática o dinámica. Fuente: elaboración propia

edad	cálculo en base de tabla de vida estática					edad	cálculo en base de tabla de vida dinámica				
	duración						duración				
	10	15	20	25	30		10	15	20	25	30
18	121.71	74.13	52.50	40.20	32.30	18	121.70	74.11	52.48	40.17	32.25
19	121.74	74.16	52.54	40.23	32.34	19	121.73	74.14	52.51	40.20	32.30
20	121.76	74.18	52.57	40.27	32.39	20	121.74	74.16	52.54	40.24	32.34
21	121.78	74.21	52.60	40.31	32.45	21	121.76	74.19	52.57	40.28	32.39
22	121.80	74.24	52.64	40.36	32.51	22	121.79	74.22	52.61	40.32	32.44
23	121.83	74.27	52.68	40.41	32.57	23	121.82	74.25	52.65	40.37	32.50
24	121.86	74.31	52.72	40.47	32.65	24	121.85	74.29	52.69	40.42	32.57
25	121.90	74.35	52.77	40.53	32.73	25	121.89	74.33	52.74	40.48	32.65
26	121.94	74.40	52.83	40.61	32.82	26	121.93	74.38	52.80	40.55	32.73
27	121.99	74.46	52.89	40.69	32.92	27	121.98	74.43	52.86	40.62	32.82
28	122.05	74.52	52.97	40.78	33.04	28	122.04	74.49	52.92	40.70	32.92
29	122.12	74.59	53.05	40.88	33.16	29	122.11	74.56	53.00	40.79	33.03
30	122.18	74.65	53.13	40.98	33.29	30	122.17	74.63	53.08	40.89	33.14
31	122.25	74.73	53.23	41.10	33.44	31	122.24	74.70	53.17	41.00	33.27
32	122.32	74.81	53.33	41.23	33.60	32	122.30	74.77	53.26	41.11	33.41
33	122.40	74.90	53.44	41.37	33.77	33	122.38	74.86	53.36	41.24	33.55
34	122.48	75.00	53.57	41.53	33.96	34	122.46	74.95	53.48	41.38	33.72
35	122.57	75.12	53.71	41.70	34.16	35	122.55	75.06	53.61	41.53	33.89
36	122.68	75.25	53.87	41.89	34.39	36	122.65	75.18	53.75	41.69	34.09
37	122.80	75.39	54.04	42.10	34.63	37	122.76	75.31	53.91	41.88	34.29
38	122.93	75.55	54.23	42.32	34.89	38	122.89	75.46	54.08	42.07	34.52
39	123.08	75.73	54.44	42.57	35.17	39	123.03	75.63	54.27	42.29	34.76
40	123.26	75.93	54.68	42.84	35.48	40	123.20	75.82	54.48	42.53	35.03
41	123.46	76.15	54.93	43.13	35.81	41	123.39	76.02	54.71	42.78	35.31
42	123.69	76.41	55.22	43.45	36.17	42	123.62	76.26	54.97	43.07	35.62
43	123.96	76.69	55.53	43.80	36.56	43	123.88	76.52	55.25	43.37	35.95
44	124.21	76.97	55.85	44.15	36.96	44	124.11	76.78	55.53	43.68	36.30
45	124.50	77.28	56.19	44.54	37.40	45	124.39	77.07	55.85	44.02	36.67
46	124.84	77.63	56.57	44.96		46	124.71	77.39	56.19	44.38	
47	125.20	78.01	56.98	45.41		47	125.05	77.73	56.55	44.78	
48	125.59	78.41	57.42	45.90		48	125.42	78.10	56.94	45.19	
49	125.93	78.79	57.85	46.38		49	125.74	78.45	57.31	45.60	
50	126.36	79.24	58.33	46.92		50	126.14	78.85	57.73	46.06	
51	126.84	79.73	58.86			51	126.60	79.30	58.20		
52	127.33	80.23	59.41			52	127.05	79.75	58.67		
53	127.85	80.77	59.99			53	127.53	80.23	59.17		
54	128.33	81.29	60.57			54	127.97	80.68	59.67		
55	128.92	81.89	61.23			55	128.50	81.21	60.23		
56	129.56	82.54				56	129.09	81.78			
57	130.22	83.22				57	129.70	82.38			
58	130.89	83.92				58	130.30	82.99			
59	131.54	84.63				59	130.88	83.59			
60	132.30	85.44				60	131.56	84.28			
61	133.1122					61	132.2776				
62	133.9318					62	132.9956				
63	134.8303					63	133.7788				
64	135.7123					64	134.5374				
65	136.7135					65	135.4006				

## 9.5. Asunciones económicas y sobre la cartera

**Tabla 7:** Tasa de liquidaciones de cartera

Año t	Tasa de liquidaciones (Total)	Tasa de liquidaciones (Hombres)	Tasa de liquidaciones (Mujeres)
1	20.0%	22.2%	17.8%
2	15.0%	16.7%	13.3%
3	12.0%	13.3%	10.7%
4	11.0%	12.2%	9.8%
5	10.0%	11.1%	8.9%
6	9.0%	10.0%	8.0%
7	8.0%	8.9%	7.1%
8	7.0%	7.8%	6.2%
9	6.0%	6.7%	5.3%
10	5.0%	5.6%	4.4%

**Tabla 8:** Costes actuales del contrato

Coste de administración fijo (EUR)	20
Coste de administración en % prima bruta	3%
Coste de adquisición fijo (EUR)	400
Coste de adquisición en % prima bruta	20%
Gastos de comisión A1	25%
Gastos de comisión A2+	5%

**Tabla 9:** Márgenes para costes en el cálculo de la prima bruta

Costes de administrativos anuales en por ciento de la prima bruta anual ( $\alpha$ )	5%
Costes de adquisición en por ciento de la prima bruta anual del primer año ( $\beta$ )	150%
Costes de cobra anuales de primas en por ciento de la prima bruta anual ( $\gamma$ )	2%

## 9.6. Resultados del *profit testing*

Tabla 10<sup>a</sup>: Margen de beneficio excluyendo los requisitos de capital para hombres

Género		Hombre														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		9.2%	9.2%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.3%	12.0%	12.9%	13.8%	12.4%	12.0%	12.6%	13.5%	14.4%
19		9.2%	9.2%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.3%	12.0%	12.9%	13.8%	12.4%	12.0%	12.6%	13.5%	14.4%
20		9.2%	9.2%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.3%	12.0%	12.9%	13.9%	12.4%	12.0%	12.6%	13.5%	14.4%
21		9.2%	9.3%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.3%	12.0%	12.9%	13.9%	12.4%	12.0%	12.6%	13.5%	14.5%
22		9.2%	9.3%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.3%	12.0%	12.9%	13.9%	12.4%	12.0%	12.7%	13.6%	14.5%
23		9.2%	9.3%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.4%	12.0%	13.0%	13.9%	12.5%	12.0%	12.7%	13.6%	14.5%
24		9.2%	9.3%	10.1%	11.1%	12.1%	11.6%	11.4%	12.0%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.7%	13.6%	14.5%
25		9.2%	9.3%	10.1%	11.2%	12.1%	11.7%	11.4%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.7%	13.6%	14.5%
26		9.2%	9.3%	10.2%	11.2%	12.1%	11.7%	11.4%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.7%	13.6%	14.5%
27		9.3%	9.3%	10.2%	11.2%	12.1%	11.7%	11.4%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.7%	13.6%	14.5%
28		9.3%	9.3%	10.2%	11.2%	12.1%	11.7%	11.4%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.8%	13.7%	14.5%
29		9.3%	9.3%	10.2%	11.2%	12.1%	11.7%	11.4%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.8%	13.7%	14.5%
30		9.3%	9.4%	10.2%	11.2%	12.1%	11.7%	11.4%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.1%	12.8%	13.7%	14.5%
31		9.3%	9.4%	10.2%	11.2%	12.1%	11.7%	11.5%	12.1%	13.0%	13.9%	12.5%	12.2%	12.8%	13.7%	14.5%
32		9.3%	9.4%	10.2%	11.2%	12.0%	11.7%	11.5%	12.2%	13.0%	13.8%	12.5%	12.2%	12.8%	13.7%	14.4%
33		9.3%	9.4%	10.2%	11.2%	12.0%	11.7%	11.5%	12.2%	13.0%	13.8%	12.5%	12.2%	12.8%	13.6%	14.4%
34		9.3%	9.4%	10.2%	11.2%	11.9%	11.7%	11.5%	12.2%	13.0%	13.7%	12.5%	12.2%	12.8%	13.6%	14.3%
35		9.3%	9.4%	10.2%	11.1%	11.8%	11.8%	11.5%	12.2%	13.0%	13.6%	12.6%	12.2%	12.8%	13.6%	14.2%
36		9.3%	9.4%	10.2%	11.1%	11.7%	11.8%	11.5%	12.1%	12.9%	13.5%	12.6%	12.2%	12.8%	13.5%	14.2%
37		9.3%	9.4%	10.2%	11.0%	11.6%	11.8%	11.5%	12.1%	12.9%	13.4%	12.6%	12.2%	12.8%	13.5%	14.0%
38		9.3%	9.4%	10.1%	10.9%	11.5%	11.8%	11.5%	12.1%	12.8%	13.3%	12.6%	12.2%	12.7%	13.4%	13.9%
39		9.3%	9.4%	10.1%	10.8%	11.3%	11.8%	11.5%	12.0%	12.7%	13.1%	12.6%	12.2%	12.7%	13.3%	13.7%
40		9.3%	9.4%	10.0%	10.7%	11.1%	11.8%	11.5%	12.0%	12.5%	12.9%	12.6%	12.2%	12.6%	13.2%	13.5%
41		9.3%	9.3%	9.9%	10.5%	10.9%	11.8%	11.4%	11.9%	12.4%	12.7%	12.6%	12.1%	12.5%	13.0%	13.3%
42		9.3%	9.3%	9.8%	10.4%	10.7%	11.7%	11.4%	11.8%	12.2%	12.5%	12.6%	12.1%	12.4%	12.9%	13.1%
43		9.3%	9.2%	9.7%	10.2%	10.4%	11.7%	11.3%	11.7%	12.0%	12.2%	12.5%	12.0%	12.3%	12.7%	12.8%
44		9.3%	9.1%	9.6%	9.9%	10.1%	11.7%	11.2%	11.5%	11.8%	11.9%	12.5%	11.9%	12.2%	12.4%	12.5%
45		9.2%	9.0%	9.4%	9.7%	9.7%	11.7%	11.2%	11.4%	11.6%	11.6%	12.5%	11.9%	12.0%	12.2%	12.2%
46		9.2%	8.9%	9.2%	9.4%		11.6%	11.1%	11.2%	11.3%		12.4%	11.8%	11.8%	11.9%	
47		9.1%	8.8%	9.0%	9.1%		11.6%	10.9%	11.0%	11.0%		12.4%	11.6%	11.6%	11.6%	
48		9.0%	8.6%	8.7%	8.7%		11.5%	10.8%	10.7%	10.6%		12.3%	11.5%	11.4%	11.2%	
49		8.9%	8.5%	8.5%	8.4%		11.4%	10.6%	10.5%	10.3%		12.2%	11.3%	11.1%	10.9%	
50		8.8%	8.3%	8.2%	8.0%		11.3%	10.4%	10.2%	9.9%		12.1%	11.1%	10.8%	10.5%	
51		8.7%	8.1%	7.8%			11.2%	10.2%	9.8%			12.0%	10.9%	10.5%		
52		8.6%	7.8%	7.5%			11.1%	10.0%	9.5%			11.9%	10.7%	10.2%		
53		8.4%	7.6%	7.1%			10.9%	9.7%	9.1%			11.7%	10.4%	9.8%		
54		8.3%	7.3%	6.8%			10.8%	9.5%	8.8%			11.6%	10.2%	9.5%		
55		8.1%	7.1%	6.4%			10.6%	9.2%	8.4%			11.5%	10.0%	9.1%		
56		8.0%	6.8%				10.5%	9.0%				11.3%	9.7%			
57		7.8%	6.4%				10.3%	8.6%				11.1%	9.4%			
58		7.6%	6.1%				10.1%	8.3%				10.9%	9.1%			
59		7.4%	5.9%				9.9%	8.1%				10.8%	8.8%			
60		7.2%	5.6%				9.7%	7.8%				10.6%	8.5%			
61		7.0%					9.5%					10.4%				
62		6.8%					9.3%					10.2%				
63		6.6%					9.1%					10.0%				
64		6.4%					9.0%					9.9%				
65		6.3%					8.9%					9.7%				

**Tabla 10<sup>b</sup>: Margen de beneficio excluyendo los requisitos de capital para mujeres**

Género		Mujer														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		8.5%	8.2%	8.8%	9.7%	10.6%	10.7%	10.1%	10.6%	11.4%	12.2%	11.5%	10.8%	11.2%	11.9%	12.8%
19		8.5%	8.2%	8.8%	9.7%	10.6%	10.7%	10.1%	10.6%	11.4%	12.2%	11.5%	10.8%	11.2%	11.9%	12.8%
20		8.5%	8.2%	8.8%	9.7%	10.6%	10.7%	10.1%	10.6%	11.4%	12.2%	11.5%	10.8%	11.2%	11.9%	12.7%
21		8.5%	8.2%	8.8%	9.7%	10.6%	10.7%	10.1%	10.6%	11.3%	12.2%	11.5%	10.8%	11.2%	11.9%	12.7%
22		8.5%	8.2%	8.8%	9.7%	10.5%	10.7%	10.1%	10.6%	11.3%	12.2%	11.5%	10.8%	11.2%	11.9%	12.7%
23		8.5%	8.2%	8.8%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.6%	11.3%	12.1%	11.5%	10.8%	11.1%	11.9%	12.7%
24		8.5%	8.2%	8.8%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.5%	11.3%	12.1%	11.5%	10.8%	11.1%	11.9%	12.7%
25		8.5%	8.2%	8.8%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.5%	11.3%	12.1%	11.5%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
26		8.5%	8.2%	8.7%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.5%	11.3%	12.1%	11.5%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
27		8.5%	8.2%	8.7%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.5%	11.3%	12.1%	11.5%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
28		8.4%	8.1%	8.7%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.5%	11.2%	12.1%	11.4%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
29		8.4%	8.1%	8.7%	9.6%	10.5%	10.7%	10.1%	10.5%	11.2%	12.1%	11.4%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
30		8.4%	8.1%	8.7%	9.6%	10.5%	10.7%	10.0%	10.5%	11.2%	12.2%	11.4%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
31		8.4%	8.1%	8.7%	9.6%	10.6%	10.7%	10.0%	10.5%	11.3%	12.2%	11.4%	10.7%	11.1%	11.8%	12.7%
32		8.4%	8.1%	8.7%	9.6%	10.6%	10.7%	10.0%	10.5%	11.3%	12.2%	11.4%	10.7%	11.1%	11.8%	12.8%
33		8.4%	8.1%	8.7%	9.6%	10.7%	10.7%	10.0%	10.5%	11.3%	12.3%	11.4%	10.7%	11.1%	11.9%	12.8%
34		8.4%	8.1%	8.7%	9.7%	10.8%	10.7%	10.0%	10.5%	11.4%	12.4%	11.4%	10.7%	11.1%	11.9%	12.9%
35		8.4%	8.1%	8.7%	9.7%	10.9%	10.7%	10.0%	10.5%	11.4%	12.5%	11.4%	10.7%	11.1%	12.0%	13.0%
36		8.4%	8.1%	8.8%	9.8%	11.0%	10.7%	10.1%	10.6%	11.5%	12.6%	11.4%	10.7%	11.2%	12.0%	13.2%
37		8.4%	8.1%	8.8%	9.9%	11.1%	10.7%	10.1%	10.6%	11.6%	12.8%	11.4%	10.7%	11.2%	12.1%	13.3%
38		8.4%	8.2%	8.9%	10.0%	11.3%	10.7%	10.1%	10.7%	11.7%	13.0%	11.4%	10.8%	11.3%	12.3%	13.5%
39		8.4%	8.2%	9.0%	10.2%	11.5%	10.7%	10.2%	10.8%	11.9%	13.2%	11.5%	10.8%	11.4%	12.4%	13.7%
40		8.5%	8.3%	9.1%	10.3%	11.8%	10.7%	10.2%	10.9%	12.0%	13.4%	11.5%	10.8%	11.5%	12.6%	14.0%
41		8.5%	8.3%	9.2%	10.5%	12.0%	10.7%	10.3%	11.0%	12.2%	13.7%	11.5%	10.9%	11.6%	12.8%	14.2%
42		8.5%	8.4%	9.4%	10.7%	12.3%	10.8%	10.4%	11.1%	12.4%	14.0%	11.5%	11.0%	11.7%	13.0%	14.5%
43		8.6%	8.5%	9.5%	11.0%	12.7%	10.8%	10.4%	11.3%	12.7%	14.3%	11.6%	11.1%	11.9%	13.2%	14.9%
44		8.6%	8.6%	9.7%	11.3%	13.0%	10.9%	10.6%	11.5%	13.0%	14.7%	11.6%	11.2%	12.1%	13.5%	15.2%
45		8.7%	8.7%	9.9%	11.6%	13.4%	10.9%	10.7%	11.7%	13.3%	15.1%	11.7%	11.3%	12.3%	13.8%	15.6%
46		8.7%	8.9%	10.2%	11.9%		11.0%	10.8%	11.9%	13.6%		11.8%	11.5%	12.5%	14.2%	
47		8.8%	9.1%	10.4%	12.3%		11.1%	11.0%	12.2%	14.0%		11.9%	11.7%	12.8%	14.6%	
48		8.9%	9.3%	10.7%	12.7%		11.2%	11.2%	12.5%	14.4%		12.0%	11.9%	13.1%	15.0%	
49		9.1%	9.5%	11.1%	13.2%		11.3%	11.4%	12.9%	14.9%		12.1%	12.1%	13.5%	15.4%	
50		9.2%	9.7%	11.4%	13.6%		11.5%	11.7%	13.2%	15.4%		12.2%	12.3%	13.8%	15.9%	
51		9.3%	10.0%	11.8%			11.6%	12.0%	13.6%			12.4%	12.6%	14.2%		
52		9.5%	10.3%	12.3%			11.8%	12.3%	14.1%			12.5%	12.9%	14.7%		
53		9.7%	10.6%	12.7%			12.0%	12.6%	14.5%			12.7%	13.2%	15.1%		
54		9.9%	10.9%	13.2%			12.1%	12.9%	15.0%			12.9%	13.5%	15.6%		
55		10.1%	11.3%	13.7%			12.4%	13.2%	15.5%			13.1%	13.9%	16.1%		
56		10.3%	11.6%				12.6%	13.6%				13.3%	14.3%			
57		10.6%	12.1%				12.8%	14.0%				13.6%	14.7%			
58		10.8%	12.4%				13.1%	14.4%				13.9%	15.1%			
59		11.0%	12.8%				13.3%	14.8%				14.1%	15.4%			
60		11.3%	13.2%				13.6%	15.2%				14.3%	15.9%			
61		11.6%					13.9%					14.6%				
62		11.9%					14.1%					14.9%				
63		12.1%					14.4%					15.2%				
64		12.4%					14.7%					15.5%				
65		12.7%					15.0%					15.7%				

**Tabla 11<sup>a</sup>: EV incluyendo requisitos de capital de SII para hombres**

Género		Hombre														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		361	264	75	262	539	1035	881	542	922	1455	1709	1497	1007	1580	2370
19		361	264	76	263	539	1035	881	544	924	1454	1709	1498	1010	1583	2368
20		360	264	77	264	538	1035	882	545	925	1452	1709	1498	1013	1584	2366
21		361	265	79	266	539	1036	884	549	929	1454	1710	1501	1019	1591	2368
22		361	266	82	268	539	1036	885	553	933	1454	1711	1504	1025	1597	2368
23		362	267	84	270	538	1037	887	558	936	1453	1711	1507	1031	1602	2367
24		362	268	86	272	537	1037	889	562	939	1451	1712	1509	1037	1606	2363
25		363	270	89	274	537	1039	892	568	945	1451	1714	1514	1046	1614	2363
26		363	271	91	276	535	1039	895	573	947	1446	1715	1518	1053	1618	2357
27		363	272	94	277	532	1040	897	578	950	1441	1717	1522	1061	1622	2349
28		364	274	98	279	530	1042	901	585	954	1437	1720	1528	1071	1627	2342
29		365	275	100	279	524	1043	903	589	953	1425	1721	1531	1077	1626	2325
30		365	277	103	279	518	1044	907	595	953	1414	1723	1536	1086	1626	2309
31		366	278	105	278	510	1045	909	599	951	1398	1725	1540	1092	1623	2285
32		367	280	108	277	502	1047	913	605	948	1381	1727	1545	1100	1619	2261
33		367	281	110	273	490	1048	914	607	942	1358	1728	1548	1104	1609	2226
34		368	282	111	269	476	1049	917	610	933	1332	1730	1551	1108	1597	2187
35		369	284	113	264	461	1050	919	613	923	1303	1732	1555	1112	1582	2142
36		369	284	113	257	444	1051	921	614	909	1267	1734	1557	1113	1561	2090
37		369	285	113	248	422	1052	921	612	891	1225	1734	1558	1111	1532	2026
38		370	284	111	237	398	1052	921	609	869	1176	1735	1556	1105	1499	1955
39		369	283	107	222	369	1051	917	601	839	1119	1733	1552	1093	1455	1869
40		369	282	104	207	339	1051	915	594	809	1060	1733	1549	1083	1410	1781
41		369	280	99	189	305	1050	911	583	773	993	1731	1542	1066	1355	1680
42		368	277	92	167	267	1048	905	568	730	917	1728	1532	1043	1291	1567
43		366	273	82	142	224	1045	895	548	680	833	1723	1517	1013	1216	1440
44		364	267	71	115	180	1041	884	525	625	744	1717	1500	979	1135	1307
45		362	260	58	84	131	1036	870	498	565	647	1709	1479	938	1043	1163
46		359	253	43	52		1030	854	468	500		1700	1456	893	946	
47		355	242	25	15		1021	833	430	425		1687	1423	836	834	
48		349	229	2	-27		1009	805	384	340		1668	1382	766	706	
49		344	216	-19	-66		998	780	341	260		1652	1344	700	586	
50		337	202	-43	-109		985	750	292	174		1632	1298	626	456	
51		329	185	-71			968	715	236			1607	1245	542		
52		320	166	-99			950	677	178			1580	1188	454		
53		310	145	-130			929	635	114			1548	1124	358		
54		301	128	-156			912	599	61			1523	1070	278		
55		290	106	-186			890	555	-1			1489	1003	184		
56		279	85				867	511				1454	938			
57		266	61				840	462				1413	863			
58		252	36				812	413				1371	789			
59		243	19				793	377				1342	735			
60		230	-2				766	333				1302	668			
61		217					739					1262				
62		205					714					1223				
63		191					686					1180				
64		182					668					1153				
65		173					648					1124				

**Tabla 11<sup>b</sup>: EV incluyendo requisitos de capital de SII para mujeres**

Género		Mujer														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		352	199	-87	86	429	1031	773	249	611	1274	1709	1346	584	1135	2118
19		352	199	-86	85	427	1031	773	250	609	1269	1709	1346	584	1132	2111
20		352	199	-86	84	424	1031	773	250	607	1264	1710	1346	584	1129	2103
21		352	198	-87	82	420	1030	771	248	603	1255	1708	1343	581	1123	2091
22		352	198	-88	80	416	1030	770	246	599	1248	1707	1342	579	1117	2079
23		351	197	-88	78	412	1029	769	245	596	1240	1706	1340	577	1112	2067
24		351	197	-89	77	409	1029	768	244	594	1234	1706	1338	576	1108	2057
25		350	195	-90	75	404	1027	765	242	589	1225	1704	1334	573	1102	2043
26		350	195	-90	74	401	1026	764	242	588	1219	1703	1333	572	1100	2035
27		349	194	-90	74	399	1025	763	242	587	1213	1701	1331	572	1098	2026
28		349	193	-90	74	396	1024	761	241	586	1208	1699	1328	571	1096	2018
29		349	193	-88	76	396	1024	761	244	589	1207	1698	1327	575	1101	2018
30		348	193	-87	77	395	1022	759	246	592	1206	1696	1325	578	1105	2015
31		348	193	-85	81	397	1022	759	250	598	1208	1695	1325	584	1115	2019
32		347	192	-83	85	399	1020	758	254	606	1211	1693	1324	591	1125	2023
33		347	193	-78	92	404	1020	760	263	620	1222	1693	1326	603	1145	2038
34		347	194	-73	100	410	1020	761	272	635	1234	1692	1328	617	1168	2055
35		346	195	-67	110	419	1019	764	284	654	1249	1691	1331	635	1196	2079
36		347	197	-59	123	430	1019	768	301	679	1270	1692	1338	659	1232	2109
37		347	200	-49	139	443	1020	773	320	708	1296	1693	1346	688	1276	2149
38		348	204	-36	157	460	1022	781	344	744	1328	1695	1358	724	1329	2196
39		349	210	-21	180	481	1025	792	374	787	1369	1699	1374	769	1394	2256
40		351	216	-5	204	502	1027	804	406	833	1410	1703	1391	816	1460	2316
41		353	224	15	232	528	1031	819	445	886	1460	1709	1414	874	1540	2390
42		356	233	38	263	557	1037	838	490	948	1517	1717	1442	942	1632	2476
43		359	244	64	297	588	1043	858	540	1013	1577	1726	1473	1015	1727	2565
44		363	256	92	335	623	1050	883	596	1086	1647	1737	1510	1098	1836	2670
45		367	271	123	375	661	1059	911	657	1164	1721	1751	1551	1190	1952	2780
46		373	287	158	418		1070	943	725	1248		1767	1598	1291	2077	
47		380	306	197	467		1084	981	802	1343		1788	1656	1406	2218	
48		388	327	239	517		1099	1023	885	1441		1810	1717	1529	2365	
49		396	349	282	569		1115	1066	970	1543		1834	1783	1656	2516	
50		405	375	330	625		1134	1116	1063	1652		1863	1857	1795	2678	
51		417	403	382			1158	1173	1166			1899	1942	1948		
52		430	433	435			1183	1232	1270			1935	2030	2103		
53		443	464	490			1208	1294	1376			1974	2122	2261		
54		455	495	544			1233	1354	1481			2011	2213	2417		
55		471	531	602			1265	1425	1596			2058	2318	2589		
56		488	567				1298	1497				2107	2426			
57		506	606				1334	1574				2162	2542			
58		524	644				1369	1648				2214	2652			
59		539	679				1400	1717				2260	2755			
60		558	718				1438	1794				2317	2870			
61		578					1477					2375				
62		597					1514					2431				
63		617					1554					2491				
64		635					1589					2543				
65		654					1626					2598				

**Tabla 12<sup>a</sup>: IRR incluyendo requisitos de capital de SII para hombres**

Género	Hombre														
	100					200					300				
Edad   Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18	38.6%	17.4%	10.3%	14.7%	29.4%	98.2%	30.6%	14.7%	24.4%	51.8%	146.7%	39.1%	17.0%	30.2%	63.2%
19	38.6%	17.4%	10.3%	14.7%	29.3%	98.2%	30.7%	14.8%	24.4%	51.6%	146.8%	39.2%	17.1%	30.3%	62.9%
20	38.6%	17.4%	10.3%	14.7%	29.2%	98.2%	30.7%	14.8%	24.5%	51.3%	146.7%	39.2%	17.1%	30.4%	62.5%
21	38.6%	17.5%	10.4%	14.8%	29.1%	98.4%	30.8%	14.9%	24.6%	51.2%	147.0%	39.4%	17.2%	30.5%	62.4%
22	38.7%	17.5%	10.4%	14.9%	29.0%	98.6%	31.0%	14.9%	24.7%	51.0%	147.3%	39.6%	17.3%	30.7%	62.1%
23	38.7%	17.6%	10.4%	14.9%	28.9%	98.8%	31.1%	15.1%	24.8%	50.7%	147.6%	39.8%	17.4%	30.8%	61.7%
24	38.8%	17.6%	10.5%	15.0%	28.7%	99.0%	31.2%	15.2%	24.9%	50.2%	147.9%	39.9%	17.5%	30.9%	61.1%
25	38.9%	17.7%	10.5%	15.0%	28.6%	99.5%	31.4%	15.3%	25.1%	49.9%	148.6%	40.3%	17.6%	31.1%	60.8%
26	39.0%	17.8%	10.6%	15.1%	28.3%	99.7%	31.6%	15.4%	25.1%	49.3%	149.0%	40.5%	17.7%	31.2%	60.0%
27	39.2%	17.8%	10.6%	15.1%	28.0%	100.1%	31.8%	15.4%	25.2%	48.6%	149.6%	40.8%	17.8%	31.3%	59.0%
28	39.3%	17.9%	10.7%	15.2%	27.6%	100.7%	32.0%	15.6%	25.3%	47.9%	150.6%	41.2%	18.0%	31.4%	58.1%
29	39.4%	18.0%	10.7%	15.2%	27.1%	101.1%	32.2%	15.6%	25.2%	46.6%	151.0%	41.5%	18.1%	31.2%	56.6%
30	39.6%	18.1%	10.8%	15.2%	26.5%	101.6%	32.5%	15.8%	25.2%	45.5%	151.9%	41.8%	18.2%	31.1%	55.1%
31	39.7%	18.2%	10.8%	15.1%	25.8%	102.0%	32.7%	15.8%	25.0%	44.0%	152.5%	42.1%	18.3%	30.9%	53.3%
32	39.9%	18.3%	10.9%	15.1%	25.1%	102.6%	32.9%	15.9%	24.8%	42.5%	153.4%	42.5%	18.5%	30.6%	51.4%
33	40.0%	18.3%	10.9%	14.9%	24.2%	103.0%	33.1%	16.0%	24.5%	40.6%	154.0%	42.8%	18.5%	30.1%	49.1%
34	40.2%	18.4%	10.9%	14.8%	23.2%	103.5%	33.3%	16.1%	24.1%	38.7%	154.7%	43.0%	18.6%	29.6%	46.6%
35	40.4%	18.5%	11.0%	14.6%	22.2%	104.0%	33.5%	16.1%	23.7%	36.7%	155.5%	43.3%	18.7%	28.9%	44.1%
36	40.5%	18.6%	11.0%	14.4%	21.1%	104.5%	33.6%	16.1%	23.1%	34.5%	156.1%	43.6%	18.7%	28.1%	41.3%
37	40.6%	18.6%	11.0%	14.1%	20.0%	104.8%	33.7%	16.1%	22.4%	32.1%	156.6%	43.7%	18.7%	27.1%	38.3%
38	40.7%	18.6%	10.9%	13.8%	18.8%	105.0%	33.8%	16.1%	21.7%	29.8%	156.9%	43.7%	18.6%	26.1%	35.3%
39	40.7%	18.6%	10.9%	13.3%	17.6%	104.9%	33.6%	16.0%	20.8%	27.3%	156.5%	43.5%	18.5%	24.8%	32.3%
40	40.8%	18.5%	10.8%	12.9%	16.4%	105.1%	33.6%	15.9%	19.9%	25.1%	156.7%	43.4%	18.3%	23.7%	29.4%
41	40.8%	18.5%	10.7%	12.5%	15.2%	105.0%	33.4%	15.7%	19.0%	22.9%	156.5%	43.1%	18.1%	22.4%	26.7%
42	40.7%	18.3%	10.6%	12.0%	14.0%	104.7%	33.1%	15.5%	18.0%	20.9%	155.9%	42.6%	17.8%	21.1%	24.1%
43	40.5%	18.1%	10.4%	11.4%	12.9%	103.9%	32.6%	15.2%	17.0%	18.9%	154.5%	41.8%	17.5%	19.7%	21.6%
44	40.3%	17.9%	10.2%	10.9%	11.9%	102.9%	32.0%	14.8%	15.9%	17.0%	152.8%	40.9%	17.0%	18.4%	19.3%
45	39.9%	17.6%	10.0%	10.3%	11.0%	101.6%	31.2%	14.4%	14.9%	15.4%	150.5%	39.8%	16.6%	17.1%	17.4%
46	39.6%	17.3%	9.7%	9.8%		100.2%	30.4%	14.0%	14.0%		148.1%	38.6%	16.1%	16.0%	
47	39.0%	16.8%	9.4%	9.2%		98.0%	29.4%	13.5%	13.0%		144.4%	37.0%	15.4%	14.8%	
48	38.1%	16.2%	9.0%	8.6%		94.8%	28.1%	12.9%	12.0%		139.0%	35.1%	14.7%	13.6%	
49	37.3%	15.7%	8.7%	8.0%		92.1%	27.0%	12.4%	11.2%		134.7%	33.5%	14.0%	12.6%	
50	36.4%	15.1%	8.3%	7.5%		88.9%	25.7%	11.8%	10.4%		129.4%	31.7%	13.4%	11.6%	
51	35.2%	14.5%	7.9%			85.0%	24.4%	11.2%			123.0%	29.9%	12.7%		
52	34.0%	13.8%	7.5%			80.9%	23.0%	10.6%			116.5%	28.0%	12.0%		
53	32.6%	13.1%	7.1%			76.4%	21.6%	10.0%			109.1%	26.1%	11.3%		
54	31.5%	12.5%	6.7%			73.0%	20.5%	9.5%			103.6%	24.6%	10.7%		
55	30.2%	11.8%	6.3%			68.7%	19.2%	9.0%			96.8%	23.0%	10.1%		
56	28.9%	11.1%				64.7%	18.1%				90.4%	21.5%			
57	27.4%	10.4%				60.3%	16.9%				83.5%	20.0%			
58	25.9%	9.7%				56.2%	15.8%				77.0%	18.6%			
59	25.0%	9.3%				53.5%	15.0%				72.8%	17.7%			
60	23.7%	8.7%				50.1%	14.1%				67.5%	16.6%			
61	22.5%					46.9%					62.7%				
62	21.4%					44.2%					58.6%				
63	20.2%					41.3%					54.4%				
64	19.5%					39.7%					51.9%				
65	18.8%					38.0%					49.4%				

**Tabla 12<sup>b</sup>: IRR incluyendo requisitos de capital de SII para mujeres**

Género		Mujer														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		32.3%	13.9%	8.1%	10.2%	17.9%	72.8%	22.1%	11.0%	14.6%	27.6%	103.3%	26.5%	12.2%	16.7%	32.4%
19		32.3%	13.9%	8.1%	10.2%	17.8%	72.9%	22.1%	11.0%	14.6%	27.4%	103.4%	26.5%	12.2%	16.7%	32.2%
20		32.3%	13.9%	8.1%	10.2%	17.7%	73.0%	22.1%	11.0%	14.5%	27.2%	103.5%	26.5%	12.2%	16.7%	31.9%
21		32.3%	13.8%	8.1%	10.2%	17.6%	72.8%	22.0%	10.9%	14.5%	26.9%	103.3%	26.5%	12.2%	16.6%	31.6%
22		32.2%	13.8%	8.1%	10.1%	17.4%	72.7%	22.0%	10.9%	14.4%	26.7%	103.1%	26.4%	12.2%	16.5%	31.2%
23		32.2%	13.8%	8.1%	10.1%	17.3%	72.6%	22.0%	10.9%	14.4%	26.4%	103.0%	26.4%	12.2%	16.5%	30.8%
24		32.2%	13.8%	8.1%	10.1%	17.2%	72.6%	22.0%	10.9%	14.4%	26.1%	102.9%	26.4%	12.2%	16.4%	30.5%
25		32.1%	13.8%	8.1%	10.1%	17.0%	72.4%	21.9%	10.9%	14.3%	25.8%	102.5%	26.3%	12.1%	16.4%	30.1%
26		32.1%	13.7%	8.1%	10.0%	16.9%	72.3%	21.9%	10.9%	14.3%	25.5%	102.4%	26.3%	12.1%	16.4%	29.8%
27		32.1%	13.7%	8.1%	10.0%	16.8%	72.2%	21.9%	10.9%	14.3%	25.3%	102.2%	26.3%	12.1%	16.3%	29.4%
28		32.0%	13.7%	8.1%	10.0%	16.7%	72.0%	21.8%	10.9%	14.3%	25.0%	101.9%	26.2%	12.1%	16.3%	29.1%
29		32.0%	13.7%	8.1%	10.1%	16.6%	72.0%	21.9%	10.9%	14.3%	24.9%	101.9%	26.2%	12.2%	16.4%	28.9%
30		31.9%	13.7%	8.1%	10.1%	16.6%	71.8%	21.8%	10.9%	14.4%	24.7%	101.7%	26.2%	12.2%	16.4%	28.6%
31		31.9%	13.7%	8.1%	10.1%	16.5%	71.8%	21.9%	11.0%	14.4%	24.6%	101.5%	26.2%	12.2%	16.5%	28.5%
32		31.9%	13.7%	8.1%	10.2%	16.5%	71.6%	21.9%	11.0%	14.5%	24.5%	101.3%	26.3%	12.3%	16.6%	28.3%
33		31.9%	13.7%	8.2%	10.3%	16.6%	71.7%	21.9%	11.1%	14.7%	24.5%	101.4%	26.4%	12.4%	16.8%	28.3%
34		31.9%	13.8%	8.2%	10.4%	16.7%	71.7%	22.0%	11.2%	14.9%	24.6%	101.4%	26.5%	12.5%	17.1%	28.3%
35		31.9%	13.8%	8.3%	10.6%	16.9%	71.7%	22.1%	11.3%	15.2%	24.7%	101.4%	26.6%	12.6%	17.4%	28.4%
36		32.0%	13.9%	8.4%	10.8%	17.1%	71.9%	22.3%	11.4%	15.5%	24.9%	101.6%	26.8%	12.8%	17.8%	28.6%
37		32.1%	14.0%	8.5%	11.0%	17.4%	72.2%	22.5%	11.6%	15.9%	25.2%	102.0%	27.1%	13.0%	18.3%	28.9%
38		32.2%	14.1%	8.6%	11.4%	17.7%	72.6%	22.8%	11.8%	16.5%	25.6%	102.6%	27.5%	13.3%	19.0%	29.3%
39		32.4%	14.3%	8.8%	11.8%	18.2%	73.2%	23.2%	12.1%	17.1%	26.2%	103.5%	28.0%	13.7%	19.8%	29.9%
40		32.7%	14.5%	9.0%	12.2%	18.6%	73.8%	23.6%	12.5%	17.9%	26.8%	104.4%	28.6%	14.1%	20.7%	30.5%
41		33.0%	14.8%	9.3%	12.8%	19.2%	74.8%	24.2%	12.9%	18.8%	27.5%	105.8%	29.4%	14.6%	21.8%	31.2%
42		33.4%	15.2%	9.6%	13.4%	19.9%	76.1%	24.9%	13.5%	20.0%	28.6%	107.7%	30.5%	15.3%	23.2%	32.5%
43		33.9%	15.6%	10.0%	14.2%	20.6%	77.5%	25.8%	14.1%	21.2%	29.5%	109.7%	31.7%	16.0%	24.8%	33.4%
44		34.5%	16.1%	10.5%	15.1%	21.7%	79.2%	26.9%	14.8%	23.1%	30.6%	112.2%	33.1%	16.9%	27.1%	34.5%
45		35.2%	16.7%	11.0%	16.2%	22.6%	81.3%	28.2%	15.7%	24.9%	31.7%	115.2%	34.9%	18.0%	29.3%	35.7%
46		36.1%	17.4%	11.6%	17.6%		83.8%	29.7%	16.8%	27.0%		118.8%	36.9%	19.3%	31.8%	
47		37.3%	18.3%	12.4%	19.1%		87.1%	31.7%	18.1%	29.6%		123.6%	39.6%	21.0%	34.9%	
48		38.6%	19.4%	13.3%	20.9%		90.8%	34.0%	19.8%	32.4%		128.8%	42.8%	23.2%	38.2%	
49		40.0%	20.6%	14.4%	22.8%		94.7%	36.6%	21.8%	35.6%		134.5%	47.4%	25.7%	41.8%	
50		41.8%	22.1%	15.7%	25.1%		99.8%	40.7%	24.3%	39.1%		141.6%	52.1%	29.1%	45.8%	
51		44.0%	23.9%	17.4%			106.0%	45.1%	27.7%			149.2%	58.2%	33.3%		
52		46.5%	26.3%	19.4%			112.2%	50.2%	31.6%			157.5%	65.1%	38.4%		
53		49.4%	28.8%	21.7%			118.6%	56.1%	36.3%			166.3%	72.9%	44.4%		
54		52.3%	31.7%	24.4%			125.2%	62.6%	41.6%			175.4%	81.4%	50.8%		
55		56.1%	35.3%	27.9%			133.7%	70.8%	48.1%			187.1%	91.9%	59.5%		
56		60.0%	39.6%				142.8%	80.0%				199.6%	103.4%			
57		64.6%	44.9%				153.4%	90.7%				214.4%	116.3%			
58		69.2%	50.6%				163.9%	101.0%				228.9%	128.9%			
59		73.6%	56.4%				173.7%	111.0%				242.5%	141.1%			
60		79.1%	63.1%				185.7%	122.6%				259.5%	155.1%			
61		85.0%					198.7%					277.6%				
62		91.0%					211.5%					295.9%				
63		97.7%					225.8%					319.4%				
64		103.7%					241.5%					338.1%				
65		110.4%					255.7%					358.9%				

**Tabla 13<sup>a</sup>: ROA incluyendo requisitos de capital de SII para hombres**

Género		Hombre														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
19		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
20		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
21		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
22		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
23		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
24		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.7%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
25		3.1%	1.9%	1.5%	1.4%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
26		3.1%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
27		3.1%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.3%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.8%
28		3.1%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.9%
29		3.1%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.9%
30		3.1%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.9%
31		3.1%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.7%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.9%
32		3.2%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.8%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.9%
33		3.2%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.8%	1.8%	4.3%	2.5%	1.9%	1.8%	1.9%
34		3.2%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.0%	2.4%	1.8%	1.8%	1.8%	4.3%	2.6%	1.9%	1.9%	1.9%
35		3.2%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.8%	1.8%	1.8%	4.4%	2.6%	2.0%	1.9%	1.9%
36		3.2%	1.9%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.9%	1.8%	1.8%	4.4%	2.6%	2.0%	1.9%	1.9%
37		3.2%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.9%	1.8%	1.8%	4.4%	2.6%	2.0%	1.9%	1.9%
38		3.2%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.9%	1.8%	1.8%	4.4%	2.6%	2.0%	1.9%	1.9%
39		3.2%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.9%	1.8%	1.8%	4.4%	2.6%	2.0%	1.9%	1.8%
40		3.2%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.9%	1.8%	1.7%	4.4%	2.6%	2.0%	1.9%	1.8%
41		3.2%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	4.1%	2.4%	1.9%	1.7%	1.7%	4.4%	2.6%	2.0%	1.8%	1.8%
42		3.2%	2.0%	1.5%	1.5%	1.4%	4.1%	2.4%	1.9%	1.7%	1.7%	4.4%	2.6%	2.0%	1.8%	1.8%
43		3.2%	2.0%	1.5%	1.4%	1.4%	4.1%	2.4%	1.9%	1.7%	1.7%	4.4%	2.6%	2.0%	1.8%	1.8%
44		3.2%	2.0%	1.5%	1.4%	1.4%	4.1%	2.4%	1.9%	1.7%	1.7%	4.5%	2.6%	2.0%	1.8%	1.7%
45		3.2%	2.0%	1.5%	1.4%	1.3%	4.1%	2.4%	1.8%	1.7%	1.6%	4.5%	2.6%	2.0%	1.8%	1.7%
46		3.2%	1.9%	1.5%	1.4%		4.2%	2.4%	1.8%	1.7%		4.5%	2.6%	1.9%	1.8%	
47		3.2%	1.9%	1.5%	1.3%		4.2%	2.4%	1.8%	1.6%		4.5%	2.6%	1.9%	1.7%	
48		3.2%	1.9%	1.4%	1.3%		4.1%	2.4%	1.8%	1.6%		4.5%	2.6%	1.9%	1.7%	
49		3.2%	1.9%	1.4%	1.3%		4.1%	2.4%	1.8%	1.6%		4.5%	2.6%	1.9%	1.7%	
50		3.2%	1.9%	1.4%	1.2%		4.1%	2.4%	1.7%	1.5%		4.5%	2.5%	1.9%	1.6%	
51		3.2%	1.8%	1.3%			4.1%	2.3%	1.7%			4.4%	2.5%	1.8%		
52		3.1%	1.8%	1.3%			4.1%	2.3%	1.7%			4.4%	2.5%	1.8%		
53		3.1%	1.7%	1.2%			4.1%	2.3%	1.6%			4.4%	2.5%	1.7%		
54		3.1%	1.7%	1.2%			4.0%	2.2%	1.6%			4.4%	2.4%	1.7%		
55		3.0%	1.7%	1.1%			4.0%	2.2%	1.5%			4.4%	2.4%	1.7%		
56		3.0%	1.6%				4.0%	2.2%				4.3%	2.4%			
57		2.9%	1.6%				3.9%	2.1%				4.3%	2.3%			
58		2.9%	1.5%				3.9%	2.1%				4.3%	2.3%			
59		2.9%	1.5%				3.9%	2.0%				4.2%	2.2%			
60		2.8%	1.4%				3.8%	2.0%				4.2%	2.2%			
61		2.7%					3.8%					4.2%				
62		2.7%					3.8%					4.1%				
63		2.6%					3.7%					4.1%				
64		2.6%					3.7%					4.1%				
65		2.6%					3.7%					4.1%				

**Tabla 13<sup>b</sup>: ROA incluyendo requisitos de capital de SII para mujeres**

Género		Mujer														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.3%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
19		2.7%	1.6%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
20		2.7%	1.6%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
21		2.7%	1.6%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
22		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
23		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
24		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
25		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
26		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
27		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
28		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
29		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.3%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.4%
30		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.4%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.5%
31		2.7%	1.5%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.4%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.5%
32		2.7%	1.6%	1.2%	1.1%	1.2%	3.5%	1.9%	1.4%	1.4%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.4%	1.5%
33		2.7%	1.6%	1.2%	1.2%	1.2%	3.5%	1.9%	1.5%	1.4%	1.4%	3.7%	2.1%	1.5%	1.5%	1.5%
34		2.7%	1.6%	1.2%	1.2%	1.3%	3.5%	2.0%	1.5%	1.4%	1.5%	3.7%	2.1%	1.5%	1.5%	1.5%
35		2.7%	1.6%	1.2%	1.2%	1.3%	3.5%	2.0%	1.5%	1.4%	1.5%	3.7%	2.1%	1.6%	1.5%	1.6%
36		2.7%	1.6%	1.2%	1.2%	1.3%	3.5%	2.0%	1.5%	1.4%	1.5%	3.7%	2.1%	1.6%	1.5%	1.6%
37		2.7%	1.6%	1.2%	1.2%	1.3%	3.5%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	3.8%	2.1%	1.6%	1.5%	1.6%
38		2.7%	1.6%	1.2%	1.3%	1.4%	3.5%	2.0%	1.5%	1.5%	1.6%	3.8%	2.1%	1.6%	1.6%	1.7%
39		2.7%	1.6%	1.3%	1.3%	1.4%	3.5%	2.0%	1.5%	1.5%	1.6%	3.8%	2.2%	1.6%	1.6%	1.7%
40		2.8%	1.6%	1.3%	1.3%	1.5%	3.5%	2.0%	1.6%	1.6%	1.7%	3.8%	2.2%	1.7%	1.6%	1.8%
41		2.8%	1.6%	1.3%	1.4%	1.5%	3.6%	2.1%	1.6%	1.6%	1.7%	3.8%	2.2%	1.7%	1.7%	1.8%
42		2.8%	1.7%	1.4%	1.4%	1.6%	3.6%	2.1%	1.6%	1.7%	1.8%	3.9%	2.2%	1.7%	1.7%	1.9%
43		2.8%	1.7%	1.4%	1.5%	1.7%	3.6%	2.1%	1.7%	1.7%	1.9%	3.9%	2.3%	1.8%	1.8%	2.0%
44		2.8%	1.7%	1.4%	1.5%	1.7%	3.6%	2.2%	1.7%	1.8%	2.0%	3.9%	2.3%	1.8%	1.9%	2.1%
45		2.9%	1.8%	1.5%	1.6%	1.8%	3.7%	2.2%	1.8%	1.9%	2.1%	4.0%	2.4%	1.9%	1.9%	2.2%
46		2.9%	1.8%	1.5%	1.7%		3.7%	2.3%	1.8%	1.9%		4.0%	2.4%	2.0%	2.0%	
47		3.0%	1.9%	1.6%	1.8%		3.8%	2.3%	1.9%	2.0%		4.1%	2.5%	2.0%	2.1%	
48		3.0%	1.9%	1.7%	1.9%		3.9%	2.4%	2.0%	2.1%		4.1%	2.5%	2.1%	2.2%	
49		3.1%	2.0%	1.8%	2.0%		3.9%	2.5%	2.1%	2.2%		4.2%	2.6%	2.2%	2.3%	
50		3.2%	2.1%	1.9%	2.1%		4.0%	2.5%	2.2%	2.4%		4.3%	2.7%	2.3%	2.5%	
51		3.2%	2.2%	2.0%			4.1%	2.6%	2.3%			4.4%	2.8%	2.4%		
52		3.3%	2.3%	2.1%			4.2%	2.7%	2.4%			4.5%	2.9%	2.5%		
53		3.4%	2.4%	2.2%			4.3%	2.9%	2.5%			4.6%	3.0%	2.7%		
54		3.5%	2.5%	2.3%			4.4%	3.0%	2.7%			4.7%	3.1%	2.8%		
55		3.6%	2.6%	2.5%			4.5%	3.1%	2.8%			4.8%	3.3%	3.0%		
56		3.8%	2.7%				4.7%	3.3%				5.0%	3.4%			
57		3.9%	2.9%				4.8%	3.4%				5.1%	3.6%			
58		4.0%	3.0%				5.0%	3.6%				5.3%	3.8%			
59		4.2%	3.2%				5.1%	3.7%				5.4%	3.9%			
60		4.3%	3.4%				5.3%	3.9%				5.6%	4.1%			
61		4.5%					5.5%					5.8%				
62		4.7%					5.7%					6.0%				
63		4.9%					5.9%					6.2%				
64		5.0%					6.1%					6.4%				
65		5.2%					6.3%					6.7%				

**Tabla 14<sup>a</sup>: SCR al instante 0 para hombres**

Género		Hombre														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		618	836	1055	1352	1648	1291	1731	2170	2769	3369	1965	2628	3285	4188	5091
19		618	836	1055	1351	1646	1291	1731	2169	2768	3367	1965	2627	3285	4186	5088
20		618	835	1055	1351	1645	1291	1731	2169	2767	3364	1965	2627	3284	4185	5083
21		618	836	1055	1351	1644	1292	1732	2170	2767	3362	1965	2628	3285	4185	5081
22		619	836	1055	1350	1643	1292	1732	2170	2767	3359	1966	2629	3286	4184	5077
23		619	836	1056	1350	1641	1292	1733	2171	2766	3356	1966	2630	3286	4183	5071
24		619	836	1056	1350	1639	1293	1733	2171	2765	3351	1967	2630	3287	4182	5065
25		619	837	1056	1349	1637	1293	1734	2172	2765	3348	1968	2632	3288	4181	5059
26		620	837	1056	1348	1634	1294	1735	2172	2763	3341	1969	2633	3288	4178	5049
27		620	838	1056	1347	1631	1295	1736	2172	2761	3334	1969	2634	3289	4175	5039
28		620	838	1056	1346	1627	1295	1737	2172	2759	3326	1971	2636	3289	4172	5027
29		621	838	1056	1344	1622	1296	1737	2171	2755	3316	1972	2636	3288	4166	5011
30		621	839	1056	1342	1616	1297	1738	2171	2751	3305	1973	2637	3287	4160	4994
31		621	839	1055	1340	1609	1298	1738	2170	2745	3291	1974	2638	3286	4151	4973
32		622	839	1055	1337	1602	1298	1739	2169	2739	3276	1975	2639	3284	4142	4951
33		622	839	1053	1333	1593	1299	1739	2166	2731	3258	1976	2639	3280	4129	4923
34		622	839	1052	1328	1584	1300	1739	2164	2721	3238	1977	2639	3276	4115	4893
35		623	839	1050	1323	1573	1300	1738	2160	2710	3216	1978	2638	3271	4099	4859
36		623	839	1048	1316	1561	1301	1737	2155	2697	3191	1979	2637	3264	4079	4821
37		623	838	1045	1309	1547	1301	1736	2149	2682	3162	1979	2634	3254	4056	4779
38		623	837	1041	1300	1532	1301	1733	2141	2664	3131	1979	2630	3242	4029	4731
39		623	835	1036	1290	1515	1300	1729	2132	2643	3096	1978	2624	3228	3997	4679
40		623	833	1032	1280	1498	1300	1726	2122	2622	3062	1978	2619	3213	3965	4626
41		622	831	1026	1269	1480	1299	1721	2109	2598	3024	1977	2611	3194	3929	4569
42		622	828	1019	1256	1461	1298	1714	2095	2572	2984	1974	2601	3173	3889	4508
43		621	824	1012	1243	1442	1297	1707	2081	2546	2945	1972	2591	3150	3849	4449
44		620	820	1004	1229	1422	1294	1699	2064	2516	2903	1969	2578	3124	3804	4385
45		619	816	995	1215	1403	1291	1689	2046	2486	2862	1964	2563	3097	3759	4323
46		617	811	986	1201		1288	1678	2027	2456		1959	2547	3068	3713	
47		615	804	976	1186		1283	1665	2006	2425		1952	2527	3036	3664	
48		613	798	967	1173		1278	1652	1985	2396		1944	2507	3005	3620	
49		610	791	957	1158		1272	1638	1963	2365		1935	2485	2971	3573	
50		606	784	947	1145		1265	1622	1942	2337		1924	2461	2938	3529	
51		603	776	937			1257	1606	1921			1912	2436	2905		
52		599	769	928			1249	1590	1901			1899	2411	2875		
53		595	762	922			1241	1575	1886			1887	2389	2852		
54		591	755	914			1232	1559	1869			1874	2364	2824		
55		586	748	908			1223	1544	1855			1859	2341	2803		
56		582	742				1214	1531				1845	2320			
57		577	736				1203	1517				1830	2300			
58		574	733				1195	1509				1817	2287			
59		570	729				1187	1499				1805	2271			
60		566	726				1179	1492				1793	2260			
61		563					1172					1781				
62		560					1165					1771				
63		558					1161					1764				
64		556					1156					1756				
65		556					1154					1753				

**Tabla 14<sup>b</sup>: SCR al instante 0 para mujeres**

Género		Mujer														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		657	919	1202	1597	2015	1378	1906	2468	3270	4120	2099	2893	3736	4943	6225
19		657	918	1201	1595	2012	1378	1905	2467	3266	4113	2100	2893	3734	4938	6215
20		657	918	1200	1593	2009	1378	1905	2465	3262	4106	2100	2892	3732	4932	6204
21		657	917	1199	1591	2004	1378	1903	2462	3257	4096	2099	2890	3727	4924	6190
22		657	917	1197	1588	2000	1377	1902	2459	3251	4087	2098	2888	3723	4916	6176
23		657	916	1196	1585	1995	1377	1901	2457	3246	4078	2098	2886	3719	4907	6161
24		656	915	1194	1582	1990	1376	1899	2453	3240	4068	2097	2884	3714	4898	6147
25		656	914	1192	1579	1985	1375	1897	2449	3232	4057	2095	2880	3708	4887	6130
26		656	914	1191	1576	1980	1375	1895	2446	3226	4047	2095	2878	3703	4878	6115
27		655	913	1189	1573	1975	1374	1893	2442	3219	4037	2093	2875	3697	4868	6100
28		655	911	1187	1569	1970	1373	1891	2438	3213	4027	2092	2871	3691	4857	6084
29		655	911	1186	1567	1966	1373	1890	2435	3207	4019	2092	2869	3686	4849	6073
30		655	910	1184	1564	1963	1372	1888	2432	3202	4012	2091	2866	3681	4841	6062
31		654	909	1183	1562	1960	1372	1886	2429	3197	4006	2090	2864	3677	4834	6053
32		654	908	1181	1559	1957	1371	1884	2426	3193	4001	2089	2861	3672	4827	6045
33		654	908	1180	1558	1956	1371	1883	2424	3190	3999	2089	2860	3670	4824	6042
34		654	908	1179	1557	1956	1371	1883	2423	3189	3998	2088	2859	3668	4821	6041
35		654	907	1179	1557	1957	1370	1882	2422	3188	3999	2088	2858	3666	4821	6043
36		654	907	1179	1558	1959	1371	1882	2422	3190	4004	2088	2858	3667	4824	6051
37		654	908	1180	1560	1963	1371	1883	2424	3194	4013	2089	2859	3670	4830	6063
38		655	909	1181	1563	1969	1372	1885	2428	3201	4025	2090	2862	3675	4841	6082
39		655	910	1184	1568	1977	1374	1888	2433	3211	4042	2093	2867	3683	4856	6107
40		656	912	1187	1573	1986	1375	1892	2439	3223	4060	2095	2873	3693	4873	6135
41		658	915	1191	1581	1998	1378	1897	2448	3239	4084	2099	2881	3706	4897	6172
42		659	918	1196	1591	2013	1382	1904	2460	3259	4114	2104	2891	3724	4928	6216
43		662	923	1204	1603	2031	1386	1914	2475	3283	4150	2111	2905	3747	4965	6270
44		664	928	1212	1616	2050	1391	1924	2492	3311	4190	2118	2921	3773	5008	6330
45		667	934	1221	1632	2072	1397	1936	2512	3344	4234	2127	2940	3804	5057	6397
46		671	941	1233	1650		1404	1951	2536	3381		2138	2962	3840	5113	
47		675	950	1247	1672		1414	1970	2566	3427		2152	2991	3886	5182	
48		681	961	1264	1698		1425	1992	2601	3478		2169	3024	3938	5259	
49		686	971	1281	1723		1435	2014	2636	3529		2184	3056	3991	5337	
50		693	984	1301	1751		1448	2040	2677	3588		2204	3096	4053	5425	
51		701	999	1324			1464	2071	2724			2229	3143	4125		
52		709	1015	1348			1481	2103	2774			2253	3192	4200		
53		718	1033	1375			1499	2139	2828			2281	3245	4282		
54		726	1049	1401			1516	2172	2881			2306	3296	4361		
55		737	1069	1430			1537	2212	2941			2338	3356	4452		
56		748	1090				1560	2255				2372	3420			
57		761	1113				1585	2301				2411	3490			
58		773	1135				1610	2347				2447	3558			
59		784	1156				1631	2388				2480	3621			
60		797	1180				1658	2436				2520	3693			
61		811					1686					2561				
62		824					1713					2602				
63		838					1742					2645				
64		851					1766					2682				
65		864					1793					2721				

**Tabla 15<sup>a</sup>: BEL al instante 0 para hombres**

Género		Hombre														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		-837	-984	-1112	-1500	-1971	-1785	-2111	-2389	-3180	-4133	-2732	-3238	-3666	-4860	-6295
19		-837	-984	-1112	-1500	-1970	-1785	-2111	-2390	-3180	-4131	-2732	-3238	-3667	-4861	-6291
20		-837	-985	-1113	-1500	-1969	-1784	-2111	-2391	-3180	-4128	-2732	-3238	-3668	-4861	-6287
21		-837	-985	-1114	-1501	-1969	-1785	-2113	-2394	-3183	-4127	-2733	-3241	-3673	-4865	-6286
22		-838	-986	-1116	-1503	-1968	-1786	-2115	-2396	-3185	-4126	-2734	-3243	-3677	-4868	-6283
23		-838	-987	-1117	-1503	-1966	-1786	-2116	-2399	-3187	-4122	-2735	-3245	-3681	-4871	-6279
24		-838	-988	-1118	-1504	-1964	-1787	-2117	-2401	-3188	-4118	-2735	-3247	-3684	-4872	-6272
25		-839	-989	-1121	-1506	-1962	-1788	-2120	-2406	-3191	-4115	-2738	-3252	-3691	-4877	-6267
26		-839	-990	-1122	-1506	-1959	-1789	-2122	-2409	-3192	-4107	-2739	-3255	-3695	-4878	-6255
27		-840	-991	-1124	-1506	-1955	-1790	-2125	-2412	-3192	-4099	-2741	-3258	-3700	-4879	-6243
28		-841	-993	-1126	-1507	-1950	-1792	-2128	-2416	-3193	-4089	-2743	-3263	-3707	-4880	-6228
29		-841	-994	-1127	-1506	-1942	-1793	-2130	-2419	-3191	-4074	-2745	-3265	-3710	-4876	-6205
30		-842	-995	-1129	-1505	-1935	-1794	-2132	-2422	-3188	-4058	-2747	-3269	-3715	-4872	-6181
31		-843	-996	-1130	-1502	-1925	-1796	-2134	-2424	-3183	-4038	-2749	-3272	-3717	-4864	-6150
32		-844	-997	-1131	-1500	-1914	-1797	-2137	-2426	-3178	-4015	-2751	-3276	-3721	-4856	-6117
33		-844	-998	-1131	-1495	-1899	-1798	-2138	-2426	-3168	-3986	-2753	-3278	-3720	-4841	-6072
34		-845	-999	-1131	-1489	-1883	-1800	-2139	-2425	-3157	-3954	-2755	-3280	-3720	-4824	-6024
35		-846	-1000	-1130	-1482	-1865	-1801	-2141	-2424	-3143	-3917	-2757	-3282	-3718	-4803	-5969
36		-846	-1000	-1129	-1474	-1844	-1802	-2141	-2421	-3125	-3875	-2758	-3282	-3713	-4776	-5905
37		-847	-1000	-1126	-1463	-1820	-1803	-2140	-2415	-3103	-3826	-2760	-3281	-3705	-4743	-5832
38		-847	-999	-1122	-1450	-1793	-1803	-2138	-2407	-3076	-3770	-2760	-3278	-3692	-4702	-5748
39		-846	-996	-1116	-1434	-1761	-1802	-2134	-2395	-3043	-3707	-2758	-3271	-3673	-4653	-5652
40		-846	-995	-1110	-1417	-1729	-1802	-2130	-2383	-3009	-3641	-2758	-3265	-3655	-4601	-5553
41		-846	-992	-1102	-1397	-1692	-1801	-2124	-2366	-2968	-3567	-2757	-3256	-3630	-4540	-5442
42		-845	-987	-1092	-1374	-1652	-1800	-2115	-2345	-2921	-3486	-2754	-3243	-3598	-4469	-5319
43		-844	-982	-1080	-1348	-1608	-1797	-2104	-2321	-2869	-3397	-2750	-3226	-3562	-4390	-5187
44		-842	-976	-1067	-1320	-1562	-1793	-2091	-2293	-2812	-3304	-2744	-3206	-3519	-4303	-5046
45		-840	-968	-1051	-1288	-1513	-1789	-2075	-2260	-2748	-3205	-2737	-3182	-3470	-4208	-4896
46		-837	-959	-1033	-1255		-1783	-2057	-2225	-2681		-2729	-3155	-3416	-4107	
47		-833	-948	-1012	-1218		-1775	-2034	-2181	-2605		-2716	-3120	-3350	-3992	
48		-828	-934	-988	-1176		-1764	-2006	-2132	-2521		-2700	-3077	-3276	-3865	
49		-823	-921	-964	-1136		-1754	-1978	-2083	-2439		-2685	-3036	-3202	-3743	
50		-817	-905	-937	-1093		-1741	-1947	-2029	-2352		-2665	-2988	-3120	-3610	
51		-809	-888	-908			-1726	-1911	-1969			-2642	-2934	-3030		
52		-801	-869	-877			-1709	-1872	-1907			-2617	-2875	-2936		
53		-792	-848	-845			-1690	-1830	-1841			-2588	-2812	-2837		
54		-784	-830	-816			-1674	-1792	-1782			-2564	-2755	-2749		
55		-774	-808	-783			-1653	-1748	-1716			-2532	-2688	-2648		
56		-763	-786				-1632	-1704				-2501	-2622			
57		-751	-762				-1607	-1656				-2463	-2549			
58		-739	-739				-1583	-1608				-2426	-2477			
59		-731	-721				-1565	-1572				-2399	-2422			
60		-719	-700				-1541	-1528				-2363	-2356			
61		-707					-1517					-2327				
62		-696					-1495					-2293				
63		-684					-1470					-2256				
64		-677					-1455					-2232				
65		-669					-1438					-2207				

**Tabla 15<sup>b</sup>: BEL al instante 0 para mujeres**

Género		Mujer														
Prima mensual		100					200					300				
Edad	Duración	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
18		-829	-965	-1079	-1564	-2207	-1782	-2095	-2352	-3344	-4645	-2736	-3225	-3624	-5124	-7083
19		-829	-965	-1078	-1562	-2203	-1783	-2095	-2351	-3340	-4637	-2737	-3225	-3623	-5118	-7070
20		-829	-965	-1078	-1560	-2198	-1783	-2095	-2350	-3336	-4627	-2737	-3225	-3622	-5112	-7056
21		-829	-964	-1076	-1557	-2192	-1782	-2093	-2346	-3329	-4614	-2736	-3222	-3616	-5101	-7037
22		-829	-963	-1075	-1553	-2186	-1782	-2091	-2343	-3323	-4602	-2735	-3219	-3612	-5092	-7018
23		-828	-963	-1073	-1550	-2180	-1781	-2089	-2340	-3316	-4590	-2734	-3216	-3607	-5082	-7000
24		-828	-962	-1072	-1547	-2174	-1781	-2088	-2337	-3310	-4578	-2733	-3214	-3603	-5073	-6982
25		-827	-960	-1070	-1543	-2167	-1779	-2085	-2333	-3302	-4564	-2731	-3209	-3596	-5060	-6961
26		-827	-960	-1068	-1540	-2162	-1778	-2083	-2330	-3296	-4553	-2730	-3207	-3592	-5051	-6945
27		-827	-958	-1067	-1538	-2157	-1777	-2081	-2327	-3290	-4543	-2728	-3203	-3588	-5042	-6929
28		-826	-957	-1065	-1535	-2152	-1776	-2078	-2324	-3284	-4532	-2726	-3199	-3582	-5033	-6913
29		-826	-957	-1065	-1534	-2150	-1776	-2077	-2324	-3282	-4528	-2726	-3198	-3582	-5030	-6906
30		-825	-956	-1064	-1533	-2147	-1775	-2075	-2322	-3279	-4522	-2724	-3195	-3579	-5026	-6897
31		-825	-955	-1065	-1533	-2147	-1774	-2074	-2322	-3279	-4521	-2723	-3193	-3579	-5026	-6895
32		-824	-955	-1065	-1533	-2147	-1773	-2073	-2322	-3280	-4521	-2721	-3191	-3580	-5027	-6896
33		-824	-955	-1067	-1537	-2151	-1773	-2073	-2326	-3286	-4529	-2721	-3191	-3585	-5036	-6907
34		-824	-955	-1069	-1541	-2156	-1773	-2074	-2331	-3295	-4539	-2721	-3192	-3592	-5048	-6922
35		-824	-956	-1073	-1547	-2163	-1772	-2075	-2337	-3306	-4553	-2720	-3194	-3602	-5065	-6943
36		-824	-957	-1078	-1555	-2174	-1773	-2078	-2347	-3322	-4574	-2721	-3198	-3616	-5090	-6974
37		-825	-960	-1084	-1566	-2188	-1774	-2082	-2360	-3344	-4602	-2723	-3205	-3636	-5122	-7016
38		-826	-963	-1093	-1580	-2206	-1776	-2089	-2377	-3371	-4637	-2725	-3214	-3661	-5162	-7068
39		-828	-968	-1104	-1597	-2228	-1779	-2098	-2400	-3406	-4680	-2730	-3228	-3695	-5214	-7133
40		-829	-973	-1116	-1616	-2251	-1782	-2108	-2423	-3443	-4727	-2734	-3243	-3731	-5270	-7202
41		-831	-980	-1132	-1639	-2280	-1786	-2121	-2453	-3489	-4783	-2741	-3263	-3775	-5338	-7286
42		-834	-988	-1150	-1666	-2313	-1792	-2138	-2490	-3543	-4849	-2750	-3288	-3830	-5419	-7385
43		-838	-998	-1171	-1697	-2349	-1799	-2158	-2531	-3603	-4921	-2761	-3318	-3891	-5509	-7493
44		-842	-1010	-1194	-1731	-2391	-1807	-2181	-2578	-3671	-5003	-2773	-3352	-3961	-5611	-7616
45		-847	-1023	-1220	-1769	-2435	-1817	-2207	-2630	-3746	-5091	-2787	-3391	-4039	-5723	-7748
46		-853	-1038	-1250	-1810		-1829	-2237	-2688	-3828		-2805	-3436	-4127	-5846	
47		-861	-1057	-1285	-1858		-1844	-2275	-2758	-3923		-2828	-3493	-4231	-5989	
48		-870	-1078	-1322	-1909		-1862	-2316	-2833	-4025		-2854	-3554	-4343	-6141	
49		-878	-1099	-1361	-1962		-1878	-2358	-2909	-4130		-2879	-3618	-4458	-6298	
50		-889	-1124	-1404	-2019		-1899	-2408	-2996	-4245		-2910	-3691	-4587	-6470	
51		-901	-1152	-1453			-1925	-2465	-3093			-2948	-3777	-4732		
52		-915	-1182	-1503			-1951	-2524	-3192			-2988	-3865	-4881		
53		-929	-1213	-1555			-1980	-2586	-3296			-3030	-3959	-5036		
54		-942	-1244	-1606			-2006	-2647	-3398			-3071	-4050	-5189		
55		-959	-1280	-1663			-2040	-2718	-3511			-3121	-4156	-5359		
56		-977	-1317				-2076	-2792				-3174	-4266			
57		-997	-1356				-2115	-2871				-3233	-4385			
58		-1016	-1395				-2153	-2947				-3290	-4500			
59		-1033	-1431				-2187	-3018				-3340	-4606			
60		-1053	-1471				-2228	-3099				-3402	-4727			
61		-1075					-2270					-3465				
62		-1095					-2311					-3527				
63		-1117					-2355					-3593				
64		-1136					-2393					-3649				
65		-1157					-2433					-3710				

## 9.7. Prueba de normalidad

**Tabla 16:** Pruebas de normalidad de variables. Fuente: IBM SPSS

Variable	Kolmogorov-Smirnow			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	df	p-value	Estadístico	df	p-value
Edad	0.067	1140	0.000	0.968	1140	0.000
Duracion	0.181	1140	0.000	0.884	1140	0.000
Suma_asegurada	0.161	1140	0.000	0.905	1140	0.000
Prima	0.223	1140	0.000	0.793	1140	0.000
IRR	0.082	1140	0.000	0.965	1140	0.000
PM	0.040	1140	0.000	0.995	1140	0.001
ROA	0.182	1140	0.000	0.870	1140	0.000
EV	0.137	1140	0.000	0.935	1140	0.000
IRR_CR	0.246	1140	0.000	0.676	1140	0.000
PM_CR	0.040	1140	0.000	0.995	1140	0.001
ROA_CR	0.199	1140	0.000	0.854	1140	0.000
EV_CR	0.100	1140	0.000	0.955	1140	0.000
SCR0	0.120	1140	0.000	0.920	1140	0.000
SCR36	0.144	1140	0.000	0.923	1140	0.000
SCR60	0.134	1140	0.000	0.921	1140	0.000
BEL0	0.098	1140	0.000	0.918	1140	0.000
BEL36	0.052	1140	0.000	0.991	1140	0.000
BEL60	0.125	1140	0.000	0.946	1140	0.000
EV_Prima	0.091	1140	0.000	0.976	1140	0.000
EV_CR_Prima	0.039	1140	0.000	0.994	1140	0.000
SCR0_Prima	0.106	1140	0.000	0.928	1140	0.000
SCR36_Prima	0.138	1140	0.000	0.942	1140	0.000
SCR60_Prima	0.144	1140	0.000	0.937	1140	0.000

## 9.8. Optimización de los requisitos de capital

Tabla 17: Códigos utilizados en el Programa R

<b>Código para solución del Problema 1:</b>	<b>Código para solución del Problema 2:</b>
<pre>library(boot) #coeficientes de EV EVCOEF &lt;- c(5.72, 4.50) #coeficientes de SCR SCRCOEF&lt;- c(17.57,7.84) #coeficientes proporción de conjuntos en cartera optima NCOEF &lt;- c(1,1) #Solucion simplex maximizacion #A3 es la matriz de los coeficientes de las restricciones de igualdad #b3 son los terminos independientes de las restricciones de igualdad Sol &lt;- function(k) {simplex(a = EVCOEF, A3 = rbind(SCRCOE, NCOEF), b3 = c(k, 1), maxi = TRUE)} Sol(7.84) Sol(8.35) Sol(8.86) Sol(9.38) Sol(9.89) Sol(10.40) Sol(10.91) Sol(11.42) Sol(11.94) Sol(12.45) Sol(12.96) Sol(13.47) Sol(13.99) Sol(14.50) Sol(15.01) Sol(15.52) Sol(16.03) Sol(16.55) Sol(17.06) Sol(17.57)</pre>	<pre>library(boot) #coeficientes de EV EVCOEF &lt;- c(1161.64, 1740.10, 461.56) #coeficientes de SCR SCRCOEF&lt;- c(2686.65, 4753.97, 1246.29) #coeficientes proporción de conjuntos en cartera optima NCOEF &lt;- c(1,1,1) #Solucion simplex maximizacion #A3 es la matriz de los coeficientes de las restricciones de igualdad #b3 son los terminos independientes de las restricciones de igualdad Sol &lt;- function(k) {simplex(a = EVCOEF, A3 = rbind(SCRCOE, NCOEF), b3 = c(k, 1), maxi = TRUE)} Sol(1246.29) Sol(1430.90) Sol(1615.52) Sol(1800.13) Sol(1984.75) Sol(2169.36) Sol(2353.98) Sol(2538.59) Sol(2723.21) Sol(2907.82) Sol(3092.44) Sol(3277.05) Sol(3461.67) Sol(3646.28) Sol(3830.90) Sol(4015.51) Sol(4200.13) Sol(4384.74) Sol(4569.36) Sol(4753.97)</pre>
	<pre>library(boot) #coeficientes de EV EVCOEF &lt;- c(1161.64, 1740.10, 461.56) #coeficientes de SCR SCRCOEF&lt;- c(2686.65, 4753.97, 1246.29) #coeficientes proporción de conjuntos en cartera optima NCOEF &lt;- c(1,1,1) Sol(2686.86)</pre>

## 9.9. Pantallas del modelo de cálculo de requisitos de capital y de *profit testing*

A continuación se presentan las pantallas del modelo construido para el estudio para calcular las primas de contrato, modelizar los flujos de caja y realizar el *profit testing*, calcular los requisitos de capital de Solvencia II y las medidas de beneficio descritas en el estudio.

t	Year	IFBDP	Death rate	Cancer rate	Cancer death rate	Lapse/Surrender rate	Maturity	Premiums	Death outgo	Morbidity outgo	Surrender outgo	Mort outgo	Admin	Acq	Comm	TOT Benefo	TOT Expenses	TP	JTP	Lib of CF	BEL	ΔBEL	Capital Requirements	
0	0																							
1	1	100.0%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	100.00	1.96	5.98	0.00	0.00	4.67	440.00	50.00	7.94	494.67	69.85	69.85	402.60	-760.65	-760.65	5.01	
2	2	97.8%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	97.84	1.92	5.85	0.00	0.00	4.57	0.00	48.92	7.76	53.49	136.69	66.84	-36.59	-723.92	36.72	-244.94	
3	3	95.7%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	95.73	1.87	5.72	0.00	0.00	4.47	0.00	47.87	7.60	52.33	200.62	63.92	-35.03	-888.00	35.93	-219.33	
4	4	93.7%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	93.67	1.83	5.60	0.00	0.00	4.37	0.00	46.83	7.43	51.21	261.72	61.10	-35.03	-652.85	35.15	-194.59	
5	5	91.6%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	91.65	1.79	5.48	0.00	0.00	4.28	0.00	45.82	7.27	50.10	320.09	58.37	-34.27	-618.46	34.39	-170.65	
6	6	89.7%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	89.67	1.76	5.36	0.00	0.00	4.18	0.00	44.84	7.12	49.02	375.83	55.73	-33.53	-584.82	33.64	-147.45	
7	7	87.7%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	87.74	1.72	5.25	0.00	0.00	4.09	0.00	43.87	6.96	47.96	429.01	53.18	-32.81	-551.91	32.91	-124.89	
8	8	85.8%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	85.84	1.68	5.13	0.00	0.00	4.01	0.00	42.92	6.81	46.93	479.72	50.71	-32.10	-519.71	32.20	-99.00	
9	9	84.0%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	83.99	1.64	5.02	0.00	0.00	3.92	0.00	42.00	6.67	45.92	528.05	48.32	-31.41	-488.21	31.50	-67.41	
10	10	82.2%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	82.18	1.61	4.91	0.00	0.00	3.84	0.00	41.09	6.52	44.93	574.06	46.02	-30.73	-457.39	30.82	-36.65	
11	11	80.4%	0.021%	0.065%	0.019%	2.1%	0.0%	80.41	1.57	4.81	0.00	0.00	3.75	0.00	40.20	6.38	43.96	617.85	43.79	-30.07	-427.24	30.15	-6.72	
12	12	78.7%	0.021%	0.065%	0.019%	1.5%	0.0%	78.67	1.54	4.70	0.00	0.00	3.67	0.00	39.34	6.24	43.01	659.48	41.63	-29.42	-397.74	29.50	22.37	
13	13	77.4%	0.018%	0.081%	0.023%	1.5%	0.0%	77.42	1.28	5.79	0.19	0.00	3.61	0.00	3.87	7.26	7.48	703.51	44.03	-62.68	-334.98	62.76	87.24	
14	14	76.2%	0.018%	0.081%	0.023%	1.5%	0.0%	76.18	1.26	5.69	0.37	0.00	3.56	0.00	3.81	7.33	7.36	745.87	42.36	-61.49	-273.43	61.55	146.78	
15	15	75.0%	0.018%	0.081%	0.023%	1.5%	0.0%	74.96	1.24	5.60	0.55	0.00	3.50	0.00	3.75	7.39	7.25	786.69	40.82	-60.32	-213.06	60.37	204.84	
16	16	73.8%	0.018%	0.081%	0.023%	1.5%	0.0%	73.75	1.22	5.51	0.72	0.00	3.44	0.00	3.69	7.45	7.13	826.01	39.32	-59.17	-153.85	59.21	261.43	
17	17	72.6%	0.018%	0.081%	0.023%	1.5%	0.0%	72.57	1.20	5.42	0.89	0.00	3.39	0.00	3.63	7.51	7.01	863.86	37.85	-58.04	-95.77	58.07	316.56	

Gráfico: Pantalla del modelo – *profit testing*

Value of Commission	Total benefit payments	Total expenses	Technical Provision (STATS) reserves EOM	Increase Technical Provision	Liability CashFlow	Best Estimate Liability (EOM)	Best Estimate Liability change	TOT SII Capital Requirements (BEL+RM+SCR)	Capital Requirements change	Net Investment Income excl Capital Requirements	Net Investment Income incl Capital Requirements	Pre-Tax Book Profit excl Capital Requirements	Pre-Tax Book Profit incl SII Capital Requirements	Profitability assessment
50.00	7.94	494.67	69.85	69.85	402.60	-358.11	-760.65	5.01	5.01	-0.50	-0.50	-472.96	-408.12	IRR 14.20%
48.92	7.76	53.49	136.69	66.84	-36.59	-723.92	36.72	-244.94	-249.95	0.13	0.05	-30.12	286.60	Profit margin 7.90%
47.87	7.60	59.33	200.62	63.92	-35.80	-688.00	35.93	-219.33	25.61	0.21	-0.26	-27.91	9.93	Return on Assets 3.55%
46.83	7.43	51.21	261.72	61.10	-35.03	-652.85	35.15	-194.59	24.74	0.29	-0.23	-25.78	10.06	Embedded Value 142.52
45.82	7.27	50.10	320.09	58.37	-34.27	-618.46	34.39	-170.65	23.94	0.37	-0.20	-23.73	10.14	
44.84	7.12	49.02	375.83	55.73	-33.53	-584.82	33.64	-147.45	23.21	0.44	-0.17	-21.76	10.16	
43.87	6.96	47.96	429.01	53.18	-32.81	-551.91	32.91	-124.89	22.56	0.51	-0.14	-19.86	10.11	
42.92	6.81	46.93	479.72	50.71	-32.10	-519.71	32.20	-99.00	21.89	0.57	-0.12	-18.04	6.10	
42.00	6.67	45.92	528.05	48.32	-31.41	-488.21	31.50	-74.41	21.59	0.63	-0.08	-16.28	-0.27	
41.09	6.52	44.93	574.06	46.02	-30.73	-457.39	30.82	-56.65	20.76	0.69	-0.05	-14.59	-0.08	
40.20	6.38	43.96	617.85	43.79	-30.07	-427.24	30.15	-6.72	20.93	0.75	-0.01	-12.97	0.14	
39.34	6.24	43.01	659.48	41.63	-29.42	-397.74	29.50	22.37	20.09	0.80	0.03	-11.40	0.36	
38.47	6.09	42.00	697.48	39.32	-28.68	-368.24	28.24	64.87	19.55	0.90	0.11	-9.55	-2.08	
37.63	5.96	41.09	736.01	37.85	-27.91	-340.43	27.51	146.78	18.55	0.95	0.18	-7.58	2.13	
36.81	5.83	40.20	770.51	36.59	-27.19	-314.46	26.82	204.84	17.66	1.00	0.26	-5.50	2.52	
36.00	5.71	39.34	800.00	35.40	-26.49	-290.74	26.14	261.43	16.83	1.05	0.33	-3.40	2.91	
35.20	5.60	38.47	826.01	34.32	-25.77	-268.81	25.43	316.56	16.04	1.10	0.40	-1.25	3.30	

Gráfico: Pantalla del modelo – *profit testing*

Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de requisitos de capital (SCR)

Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de requisitos de capital (SCR)

Lapse shock mass															Interest rate risk							
Administ ration cost	Acquisitio n cost	Value of Commissio ns	Liability CashFlow	Best Estimate Liability	In force (beginning of period)	Percentag e of Maturities	Total premiums	Death payments	Cancer payments	Maturity/ Surrender payments	Administ ration cost	Acquisitio n cost	Value of Commissio ns	Liability CashFlow	Best Estimate Liability	Lapse shock most severe	dur (t)	discount rate	Avg duration of Liabilities	NPV Liabilities	check with BEL	Avg du of Liab (max 0)
Admin	Acq	Comm	Liab CF	BEL	IF BOP	Maturity	Premium	Death out	Cancer o	Mat out	Admin	Acq	Comm	Liab CF	BEL							
11	4,66667	440	50	402,602	-760,65	100,0%	0,0%	100	1,95741	5,97833	0	4,66667	440	50	402,602	-760,65	Lapse shock mass	1	1,000	-19,44	-760,86	0,00
12	4,56601	0	48,9216	-36,591	-723,92	97,8%	0,0%	97,8431	1,9152	5,84939	0	4,56601	0	48,9216	-36,591	-723,92	Lapse shock mass	2	1,000	-20,51	-723,92	0,00
13	4,46753	0	47,8664	-35,802	-688	95,7%	0,0%	95,7328	1,87389	5,72322	0	4,46753	0	47,8664	-35,802	-688	Lapse shock mass	3	1,000	-21,68	-688,00	0,00
14	4,37117	0	46,834	-35,03	-652,85	93,7%	0,0%	93,668	1,83347	5,59978	0	4,37117	0	46,834	-35,03	-652,85	Lapse shock mass	4	1,001	-22,91	-652,88	0,00
15	4,2769	0	45,8239	-34,274	-618,46	91,6%	0,0%	91,6477	1,79395	5,47901	0	4,2769	0	45,8239	-34,274	-618,46	Lapse shock mass	6	1,001	-24,27	-618,46	0,00
16	4,18465	0	44,8355	-33,535	-584,82	89,7%	0,0%	89,6711	1,75523	5,36083	0	4,18465	0	44,8355	-33,535	-584,82	Lapse shock mass	6	1,001	-26,78	-584,82	0,00
17	4,09439	0	43,8685	-32,812	-551,91	87,7%	0,0%	87,737	1,71738	5,24521	0	4,09439	0	43,8685	-32,812	-551,91	Lapse shock mass	7	1,001	-27,37	-551,91	0,00
18	4,00608	0	42,9223	-32,104	-519,71	85,8%	0,0%	85,8446	1,68034	5,13208	0	4,00608	0	42,9223	-32,104	-519,71	Lapse shock mass	8	1,001	-29,15	-519,71	0,00
19	3,91968	0	41,9966	-31,411	-488,21	84,0%	0,0%	83,9931	1,64409	5,02139	0	3,91968	0	41,9966	-31,411	-488,21	Lapse shock mass	9	1,001	-31,11	-488,21	0,00
20	3,83514	0	41,0908	-30,734	-457,39	82,2%	0,0%	82,1815	1,60863	4,91308	0	3,83514	0	41,0908	-30,734	-457,39	Lapse shock mass	10	1,002	-33,29	-457,39	0,00
21	3,75242	0	40,2045	-30,071	-427,24	80,4%	0,0%	80,409	1,57394	4,80712	0	3,75242	0	40,2045	-30,071	-427,24	Lapse shock mass	11	1,002	-35,72	-427,24	0,00
22	3,67149	0	39,3373	-29,422	-397,74	78,7%	0,0%	78,6747	1,53999	4,70343	0	3,67149	0	39,3373	-29,422	-397,74	Lapse shock mass	12	1,002	-38,46	-397,74	0,00
23	3,61301	0	3,87108	-62,682	-334,98	77,4%	0,0%	77,4217	1,27905	5,78688	0,18991	3,61301	0	3,87108	-62,682	-334,98	Lapse shock mass	13	1,002	-46,75	-334,98	0,00
24	3,55501	0	3,80894	-61,489	-273,43	76,2%	0,0%	76,1787	1,23852	5,69398	0,37372	3,55501	0	3,80894	-61,489	-273,43	Lapse shock mass	14	1,002	-56,14	-273,43	0,00
25	3,49794	0	3,74779	-60,318	-213,06	75,0%	0,0%	74,9558	1,23831	5,60257	0,55156	3,49794	0	3,74779	-60,318	-213,06	Lapse shock mass	15	1,002	-72,14	-213,06	0,00

Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de requisitos de capital (SCR)

results of macro																					
Avg duration of Liabilities (max 0)	Duration of bond	$\lambda^{**}$	$\lambda^{***}$	Best Estimate Liability (Base)	Forward Rate Up Shock	Forward Rate Down Shock	Best Estimate Liability (ShockUp)	Best Estimate Liability (ShockDown)	Invested Assets (STAT)	NPV Assets (Base)	NPV Assets (Shock)	NPV Assets (ShockDown)	NAV (Base)	NAV (Shock)	NAV (ShockDown)	Interest = SCR Mkt	t	Year	BEL (no shock)		
																	t	Year	BEL		
10	0,00	0,00	0%	0%	-760,65	0,066%	0,000%	-896,88	-745,53	69,85	69,85	69,85	69,85	69,85	830,50	966,73	815,39	136,23	1	1	-760
11	0,00	0,00	0%	0%	-723,92	0,066%	0,000%	-860,88	-708,94	136,69	136,69	136,69	136,69	136,69	860,62	997,57	845,63	136,96	2	1	-723
12	0,00	0,00	0%	0%	-688,00	0,066%	0,000%	-825,64	-673,14	200,62	200,62	200,62	200,62	200,62	888,61	1026,26	879,76	137,65	3	1	-688
13	0,00	0,00	0%	0%	-652,85	0,066%	0,000%	-791,16	-638,11	261,72	261,72	261,72	261,72	261,72	914,57	1052,88	899,83	138,31	4	1	-652
14	0,00	0,00	0%	0%	-618,46	0,066%	0,000%	-757,41	-603,84	320,09	320,09	320,09	320,09	320,09	938,56	1077,50	929,93	138,94	5	1	-618
15	0,00	0,00	0%	0%	-584,82	0,066%	0,000%	-724,37	-570,30	375,83	375,83	375,83	375,83	375,83	960,65	1100,20	946,13	139,55	6	1	-584
16	0,00	0,00	0%	0%	-551,91	0,066%	0,000%	-692,03	-537,49	429,01	429,01	429,01	429,01	429,01	980,92	1121,04	966,50	140,13	7	1	-551
17	0,00	0,00	0%	0%	-519,71	0,066%	0,000%	-660,39	-505,39	479,72	479,72	479,72	479,72	479,72	999,43	1140,11	985,11	140,68	8	1	-519
18	0,00	0,00	0%	0%	-488,21	0,066%	0,000%	-629,41	-479,97	528,05	528,05	528,05	528,05	528,05	1016,25	1157,46	1002,02	141,20	9	1	-488
19	0,00	0,00	0%	0%	-457,39	0,066%	0,000%	-599,09	-449,24	574,06	574,06	574,06	574,06	574,06	1031,45	1179,15	1017,30	141,70	10	1	-457
20	0,00	0,00	0%	0%	-427,24	0,066%	0,000%	-569,41	-413,17	617,85	617,85	617,85	617,85	617,85	1045,09	1187,26	1031,02	142,17	11	1	-427
21	0,00	0,00	0%	0%	-397,74	0,066%	0,000%	-540,37	-383,75	659,48	659,48	659,48	659,48	659,48	1057,22	1199,85	1043,23	142,62	12	1	-397
22	0,00	0,00	0%	0%	-334,98	0,063%	0,000%	-478,03	-321,07	703,51	703,51	703,51	703,51	703,51	1038,49	1181,53	1024,57	143,04	13	2	-334
23	0,00	0,00	0%	0%	-273,43	0,063%	0,000%	-416,84	-259,58	745,87	745,87	745,87	745,87	745,87	1019,30	1162,71	1005,45	143,41	14	2	-273
24	0,00	0,00	0%	0%	-213,06	0,063%	0,000%	-356,79	-199,26	786,69	786,69	786,69	786,69	786,69	999,75	1143,48	985,95	143,73	15	2	-213

Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de requisitos de capital (SCR)

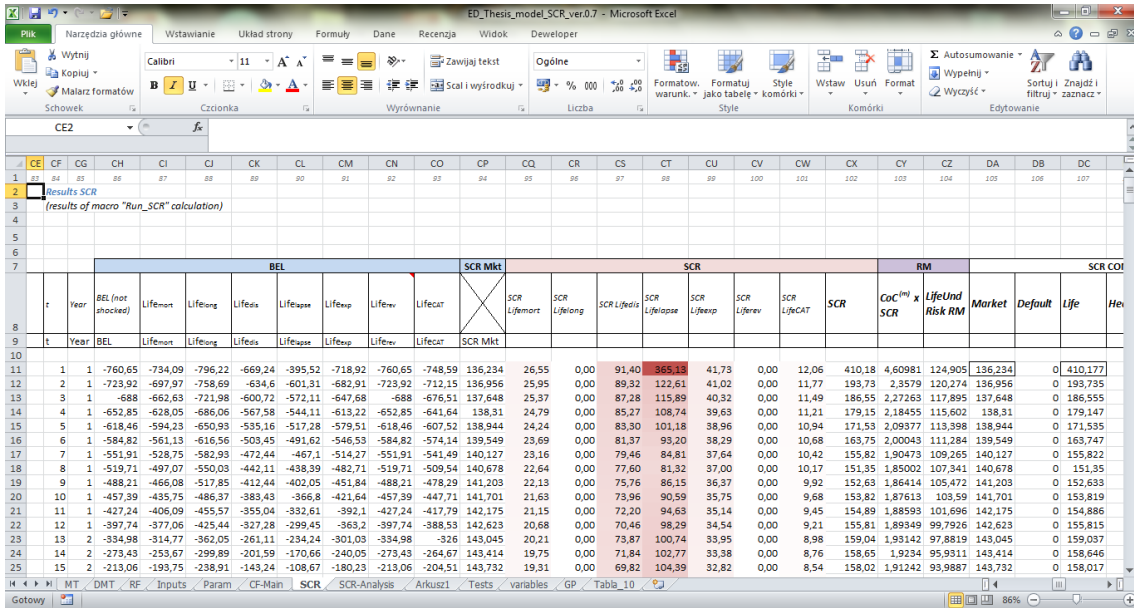


Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de requisitos de capital (SCR)

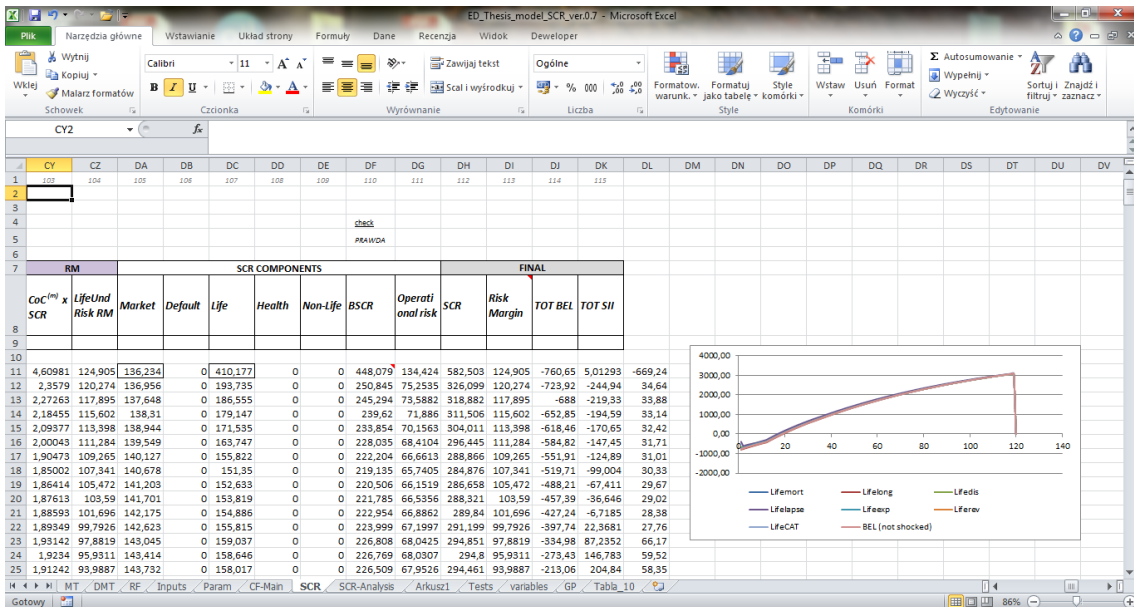


Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de requisitos de capital (SCR)

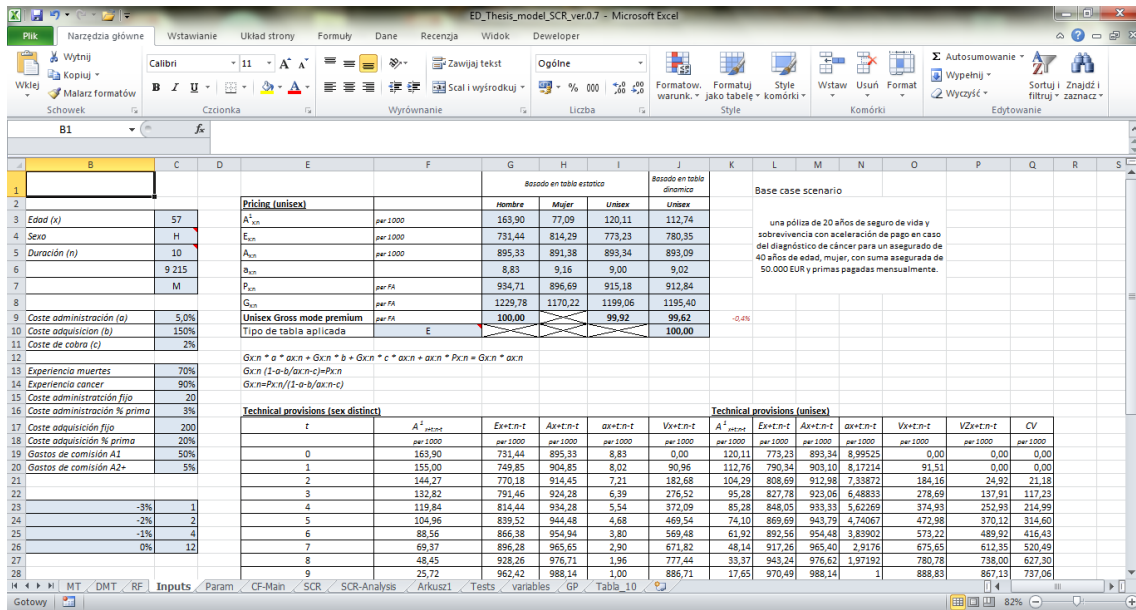


Gráfico: Pantalla del modelo – cálculo de primas y provisiones técnicas clásicas del contrato

## 9.10. Resultados de 99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos

9.10.1. Resultados para los escenarios estocásticos que asumen las tasas de permanetes subidas o bajadas de las tasas de caída de cartera (5.3.1):

Tabla 18: 99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos (5.3.1) – parte 1

99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos																				
k	Genero	dur	Test   t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3	H	10	1	-1400	-586	1181	2370	3334	4309	5168	5928	6605	7206	7648						
3	H	20	2	-1400	-455	1252	2406	3342	4271	5116	5848	6481	7056	7536	7972	8339	8632	8860	9029	
3	H	30	3	-1813	-1103	-171	796	1801	2640	3387	4047	4632	5133	5578	5973	6317	6612	6842	7023	
3	M	10	4	-1484	-544	1285	2630	3771	4919	5960	6911	7786	8593	9229						
3	M	20	5	-1413	-484	1291	2595	3706	4802	5824	6737	7562	8338	9022	9668	10249	10758	11209	11590	
4	M	30	6	-2309	-1581	-539	540	1656	2634	3517	4319	5022	5687	6247	6788	7274	7709	8089	8421	
4	H	10	7	-1478	-667	1038	2233	3240	4210	5067	5825	6498	7096	7554						
4	H	20	8	-1649	-768	934	2115	3101	4051	4887	5621	6276	6842	7324	7771	8128	8439	8679	8847	
4	H	30	9	-2028	-1289	-242	761	1759	2613	3364	4032	4617	5120	5563	5959	6302	6596	6819	6989	
4	M	10	10	-1537	-625	1159	2507	3685	4828	5867	6816	7685	8488	9138	9746	10238	10654	11004	11405	
4	M	20	11	-1630	-731	1016	2348	3498	4613	5616	6529	7382	8142	8830	9471	10044	10565	11024	11405	
4	M	30	12	-3819	-3006	-1458	-167	1001	2059	3017	3882	4666	5368	6005	6588	7115	7587	7992	8339	
5	H	10	13	-1641	-766	728	1914	2985	3934	4777	5526	6195	6785	7268						
5	H	20	14	-1904	-1059	415	1586	2634	3562	4383	5111	5757	6317	6808	7243	7621	7942	8190	8381	
5	H	30	15	-2954	-2138	-681	477	1504	2411	3208	3911	4529	5052	5509	5908	6245	6524	6725	6875	
5	M	10	16	-1627	-736	872	2213	3447	4570	5596	6534	7398	8191	8862						
5	M	20	17	-1896	-1046	530	1844	3043	4134	5128	6033	6864	7619	8306	8943	9528	10058	10521	10916	
5	M	30	18	-3819	-3006	-1458	-167	1001	2059	3017	3882	4666	5368	6005	6588	7115	7587	7992	8339	

**Tabla 18: 99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos (5.3.1) – parte II**

99,5% percentil de BEL para los escenarios estocásticos																		
k	Genero	dur	Test   t	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	H	10	1															
3	H	20	2	9129	9164	9177	9165	9113										
3	H	30	3	7149	7219	7251	7248	7235	7231	7211	7173	7133	7090	7035	6970	6897	6828	6750
3	M	10	4															
3	M	20	5	11895	12129	12341	12537	12674										
4	M	30	6	8713	8983	9227	9453	9665	9901	10132	10323	10539	10742	10957	11152	11292	11471	11635
4	H	10	7															
4	H	20	8	8958	9015	9031	9026	8997										
4	H	30	9	7104	7163	7187	7173	7159	7137	7112	7069	7021	6983	6930	6868	6799	6726	6660
4	M	10	10	7081	7116	7167	7108	7067	7039	7025	7017	6957	6935	6853	6786	6715	6636	6622
4	M	20	11	11711	11973	12184	12385	12545										
4	M	30	12	8622	8852	9044	9215	9382	9552	9724	9897	10071	10251	10431	10606	10781	10957	11152
5	H	10	13															
5	H	20	14	8507	8583	8621	8632	8656										
5	H	30	15	6962	7000	6999	6962	6926	6885	6840	6792	6731	6677	6622	6561	6502	6438	6402
5	M	10	16															
5	M	20	17	11241	11510	11740	11953	12165										
5	M	30	18	8622	8852	9044	9215	9382	9552	9724	9897	10071	10251	10431	10606	10781	10957	11152

**9.10.2. Resultados para los escenarios estocásticos que asumen plena independencia de las tasas de caída de cartera para los años t consecutivos (5.3.2):**

**Tabla 19: 99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos (5.3.2) – parte I**

99,5% percentil de BEL para los escenarios estocásticos																			
k	Genero	dur	Test   t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	H	10	1	-1356	-572	898	2141	3184	4160	5025	5835	6520	7145	7635					
3	H	20	2	-1555	-802	557	1782	2786	3756	4617	5391	6066	6661	7177	7620	8046	8372	8677	8799
3	H	30	3	-2269	-1558	-502	613	1658	2576	3413	4133	4785	5350	5788	6249	6582	6894	7113	7205
3	M	10	4	-1403	-576	1030	2420	3630	4779	5827	6824	7706	8535	9217					
3	M	20	5	-1624	-830	677	2029	3183	4315	5346	6300	7167	7949	8668	9314	9951	10489	11019	11346
4	M	30	6	-3105	-2363	-1164	40	1226	2280	3263	4141	4933	5632	6268	6924	7444	7935	8358	8677
4	H	10	7	-1412	-613	843	2097	3109	4073	4962	5748	6430	7035	7520					
4	H	20	8	-1616	-855	509	1735	2756	3711	4549	5321	5996	6565	7052	7526	7907	8237	8492	8708
4	H	30	9	-2410	-1673	-540	583	1614	2537	3380	4088	4720	5281	5728	6148	6489	6755	6990	7144
4	M	10	10	-1451	-621	978	2379	3562	4699	5767	6741	7620	8430	9106					
4	M	20	11	-1687	-894	627	1984	3164	4272	5286	6231	7100	7862	8543	9223	9812	10358	10829	11255
4	M	30	12	-3239	-2467	-1216	-5	1165	2239	3227	4097	4862	5586	6227	6804	7349	7830	8258	8613
5	H	10	13	-1477	-655	829	2047	3092	4049	4932	5706	6385	7018	7478					
5	H	20	14	-1694	-897	489	1712	2732	3676	4520	5292	5926	6537	7013	7469	7830	8197	8429	8639
5	H	30	15	-2554	-1783	-570	562	1587	2521	3332	4040	4673	5223	5684	6076	6423	6735	6927	7086
5	M	10	16	-1504	-650	967	2334	3545	4676	5741	6702	7578	8414	9065					
5	M	20	17	-1734	-920	606	1961	3139	4238	5259	6205	7027	7832	8509	9164	9737	10312	10765	11183
5	M	30	18	-3381	-2602	-1275	-32	1133	2206	3163	4017	4820	5535	6183	6759	7288	7791	8193	8543

**Tabla 19: 99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos (5.3.2) – parte II**

99,5 percentil de BEL para los escenarios estocásticos																		
k	Genero	dur	Test   t	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	H	10	1															
3	H	20	2	9002	9002	9030	9012	9091										
3	H	30	3	7359	7344	7360	7289	7252	7213	7228	7151	7037	7014	6962	6909	6862	6759	6705
3	M	10	4															
3	M	20	5	11760	11957	12181	12369	12649										
4	M	30	6	9024	9192	9432	9575	9735	9914	10167	10315	10432	10660	10856	11049	11254	11389	11568
4	H	10	7															
4	H	20	8	8854	8917	8960	8962	9014										
4	H	30	9	7239	7289	7248	7224	7203	7158	7086	7037	6982	6937	6843	6826	6754	6683	6640
4	M	10	10															
4	M	20	11	11602	11864	12106	12314	12563										
4	M	30	12	8908	9143	9306	9500	9684	9856	10006	10177	10369	10568	10707	10945	11112	11288	11478
5	H	10	13															
5	H	20	14	8756	8858	8878	8898	8928										
5	H	30	15	7174	7230	7204	7177	7148	7091	7039	6972	6927	6874	6839	6771	6703	6644	6571
5	M	10	16															
5	M	20	17	11501	11802	12017	12244	12468										
5	M	30	18	8836	9080	9262	9444	9626	9782	9950	10105	10305	10491	10703	10875	11045	11235	11384