El seguro de vida de varias cabezas: análisis de sensibilidad ante incrementos en la esperanza de vida
The life insurance on several heads: sensitivity analysis to increases in life expectancy

Armando Nieto Ranero
Divina Pastora Seguros, CEO
Xátiva 23, 46002 Valencia – Spain
armando.nieto@divinapastora.com

25 de junio de 2017

Resumen

Multi-head insurances have been less popular in the market, partly because of their added technical difficulty. If an individual insurance is subjected to uncertainty about interest rates and increases in life expectancy, the insurance on several heads adds to these difficulties the different mortality tables of the individuals that compose the policy. This paper presents a simple method that provides the exact probability function of the mathematical reserve for multi-life insurance. This method is intended to drastically reduce the complexity of this type of insurance, and allows us to calculate the average value of the mathematical reserve, as well as its standard deviation, and it can establish the VaR of the individual policy or of a certain portfolio. It will be applied to the specific case of endowment insurance aimed mainly at the disability field, where one of the individuals (father) constitutes a capital so that, when the latter dies, it is collected in the form of income from the surviving child. The long duration of these insurances makes it advisable to perform the sensitivity analysis of the mathematical reserve, according to the different evolutions of life expectancies of father and son.

1. Introducción: el seguro de una cabeza

Un seguro de vida para una cabeza (Gerber, 1997) consiste en el intercambio de dinero entre una aseguradora y una persona física a lo largo del tiempo. Este intercambio de dinero responde a la compra por parte de la aseguradora de un determinado riesgo al que el sujeto está expuesto; concretamente, en el caso de los seguros de vida, el riesgo es habitualmente la supervivencia y/o la muerte. Podemos entender que el individuo puede estar vivo o muerto, pero no en ambas situaciones, y existe una regla estadística que nos determina, transcurrido un tiempo, la probabilidad de cambiar de un estado a otro (probabilidad de transición entre estados). Al inicio del contrato, el individuo está vivo y aporta unas primas a la aseguradora. En cada periodo de tiempo el individuo puede seguir vivo o morir: en el caso de un contrato de capitalización, el individuo pagará siempre que sobreviva hasta una fecha, y a partir de esa fecha, será la aseguradora la que realice los pagos; en el caso de un contrato de vida riesgo, la aseguradora indemnizará si el individuo fallece en un periodo de tiempo determinado. Si observamos la operación desde un punto de vista financiero, y tal como se detalla en (Nieto, 2006), observamos que el valor actual neto de esta operación de intercambio monetario no tiene una única solución pues es indeterminado el momento en el que el individuo cambie su estado (muera) y por consiguiente, la valoración de la operación queda igualmente indeterminada. No obstante, esto ocurrirá con una probabilidad determinada que sí es calculable siempre que tengamos la probabilidad de transición de un estado a otro en cada momento del tiempo. Para un individuo donde solo consideramos dos estados, vivo y muerto, las probabilidades de transición vienen determinadas por:

$$\begin{aligned} P(vivo \rightarrow vivo) &= p_x \\ P(vivo \rightarrow muerto) &= q_x \\ P(muerto \rightarrow vivo) &= 0 \\ P(muerto \rightarrow muerto) &= 1 \end{aligned}$$

donde $p_x + q_x = 1$.

El salto de un periodo a otro se produce desde el estado en que se encuentra el individuo y se ramifica en los posibles estados del siguiente periodo. Se supone que en cada periodo no aparecen nuevos estados, sino que en todo momento los estados posibles son siempre los mismos. Si denominamos α_t al estado del individuo en el momento t, y ese estado se logra alcanzar con una probabilidad Π_{α_t}, el estado α_{t+1} vendrá dado por la probabilidad

$$\Pi_{\alpha_{t+1}} = \Pi_{\alpha_t} \times P(\alpha_t \rightarrow \alpha_{t+1})$$

Esta secuencia determina el árbol de probabilidades completo de caminos de estados de un individuo.

Las condiciones contractuales establecen la transacción económica en función del momento y del estado del individuo. No es el fallecimiento del individuo lo que hace converger el árbol de transiciones, sino las condiciones estipuladas en el contrato, y éstas han de ser tal que el árbol converja. Cuando el individuo alcanza un estado determinista o terminal (la muerte, por ejemplo, pues no puede salir de ese estado una vez lo alcanza), el valor de los flujos de caja realizados no es una magnitud incierta. Estos flujos de caja tendrán una valoración financiera, valor actual neto (VAN), cuyo valor tendrá asociada una probabilidad que es la de alcanzar ese estado siguiendo el camino por el que ha llegado.

Una vez tenemos el desarrollo del árbol de estados del individuo, donde cada rama tiene una probabilidad y un valor financiero que depende de los flujos de caja previos y de la curva de tipos de interés. tenemos la función de distribución del valor actual neto de la operación. En Nieto (2006) se demuestra que el valor actuarial tradicional que se utiliza como provisión matemática es el momento de orden uno o media de esta función de distribución. Este método no solo nos reproduce lo que la matemática actuarial clásica ya conocía, sino que adicionalmente nos da todo el comportamiento estadístico del contrato, y por tanto, la volatilidad de la operación.

El método más eficaz de obtener esta función de probabilidad no es con el cálculo analítico, pues éste en condiciones habituales es inviable, sino a través de un algoritmo que nos permita calcular el valor actual neto de todos los posibles caminos, y la probabilidad asociada a cada camino. El algoritmo siguiente resuelve el problema:

Algorithm 1 Cálculo de la función de probabilidad

1: **Procedure** $Evolucion$ ($estado$, $probabilidad$, VAN, t)
2: **for** $EstadoNuevo = 1$ **to** $PosiblesEstado$ **do**
3: $\quad VAN_{acumulado} \leftarrow VAN + CashFlow(EstadoNuevo, t)$
4: $\quad Prob_{acumulado} \leftarrow probabiilidad \times P(estado \rightarrow EstadoNuevo)$
5: $\quad$ **if** $EstadoNuevo\ is\ terminal$ **then**
6: $\qquad resultado.Add(VAN_{acumulado}, Prob_{acumulado})$
7: $\quad$ **else**
8: $\qquad Evolucion(EstadoNuevo, Prob_{acumulado}, VAN_{acumulado}, t+1)$
9: $\quad$ **end if**
10: **end for**
11: **End Procedure**

Para ejecutar el algoritmo basta con llamar a la función del siguiente modo:

$$Evolucion(EstadoInicial, 1, PrimeraCuota, 0)$$

El estado inicial del individuo será el primer estado del que se derivan los demás posibles estados. Generalmente será el estado *vivo*. El algoritmo propuesto es recursivo, y es un algoritmo estandar que recorre un árbol por profundidad (Bondy and Murty, 1976). Como en este tipo de algoritmos, es absolutamente crucial asegurarse que la condición de cierre exista al final de cada rama para evitar un bucle infinito. Por tanto, las tablas de mortalidad deben ser finitas y deben acabar con una probabilidad $q_\Omega = 1$ o especificar el vencimiento del contrato en la condición terminal (linea 5).

2. El seguro de varias cabezas

El seguro de varias cabezas es un contrato que asegura a un número N de individuos de forma conjunta. Es decir, el suceso que se valora ocurre en términos estadísticos por igual a cada miembro del grupo. Por tanto, si ϵ es el número de estados posibles por cada individuo y N es el número de individuos, tendremos ϵ^N estados posibles que determinarán al grupo. De igual manera que hicimos en el caso de una cabeza, necesitamos conocer para cada momento del tiempo, la matriz de transiciones. Suponiendo que la suerte que corre cada individuo es independiente del resto de integrantes del grupo, la probabilidad de transición de estado del grupo será el producto de probabilidades de cada individuo. En el caso de dos cabezas y dos posibles estados $vidaymuerte$, tendremos las siguientes probabilidades de transición:

$$
\begin{aligned}
&P(vivo \otimes vivo \to vivo \otimes vivo) && = p_{x_1} \times p_{x_2} \\
&P(vivo \otimes vivo \to vivo \otimes muerto) && = p_{x_1} \times q_{x_2} \\
&P(vivo \otimes vivo \to muerto \otimes vivo) && = q_{x_1} \times p_{x_2} \\
&P(vivo \otimes vivo \to muerto \otimes muerto) && = q_{x_1} \times q_{x_2} \\
&P(vivo \otimes muerto \to vivo \otimes vivo) && = 0 \\
&P(vivo \otimes muerto \to muerto \otimes vivo) && = 0 \\
&P(vivo \otimes muerto \to vivo \otimes muerto) && = p_{x_1} \\
&P(vivo \otimes muerto \to muerto \otimes muerto) && = q_{x_1} \\
&P(muerto \otimes vivo \to vivo \otimes vivo) && = 0 \\
&P(muerto \otimes vivo \to muerto \otimes vivo) && = p_{x_2} \\
&P(muerto \otimes vivo \to vivo \otimes muerto) && = 0 \\
&P(muerto \otimes vivo \to muerto \otimes muerto) && = q_{x_2} \\
&P(muerto \otimes muerto \to vivo \otimes vivo) && = 0 \\
&P(muerto \otimes muerto \to muerto \otimes vivo) && = 0 \\
&P(muerto \otimes muerto \to vivo \otimes muerto) && = 0 \\
&P(muerto \otimes muerto \to muerto \otimes muerto) && = 1
\end{aligned}
$$

donde q_{x_i} es la probabilidad de fallecimiento del individuo i con edad x_i.

Como se puede apreciar, la similitud entre dos cabezas y una cabeza es completa si tenemos en cuenta que un grupo de dos individuos puede ser considerado como un "superindividuoçon ϵ^2 estados posibles siendo ϵ el número de estados de un individuo corriente. Así, si solo consideramos vida y muerte, nuestro ente puede ser considerado un individuo con cuatro estados, que son: *vivo&vivo*, *vivo&muerto*, *muerto&vivo*, *muerto&muerto*. Y como tenemos exactamente una matriz de transición de ϵ^{2N} siendo ϵ el número de estados y N el número de cabezas, el algoritmo descrito anteriormente es exactamente igual de válido.

Este algoritmo nos proporciona la función de probabilidad de la provisión matemática o valor actual neto. El algoritmo recorre todos los posibles caminos del árbol de posibilidades calculando la probabilidad de cada uno de ellos y asignando a cada camino terminal su valor financiero. De esta forma, el valor medio de esta función de distribución es la tradicional provisión matemática y adicionalmente tenemos la varianza exacta cuyo valor para el cálculo del consumo de capital es fundamental. El modelo es extensible a un número indefinido de estados posibles y a un número indefinido de cabezas, si bien es cierto que si el producto es complicado, las matrices de transición se hacen cada vez más grandes.

3. Caso: Análisis de un seguro de renta vitalicia de dos cabezas

El siguiente seguro es un seguro donde el padre realiza aportaciones periódicas de manera que cuando éste fallezca, se pague una renta vitalicia determinada a su hijo. El padre debe pagar siempre mientras su hijo viva, y si el hijo muere, se cancela el seguro. En este análisis se ha considerado que si el padre sobrevive al hijo, no se recupera rescate alguno. La razón de esta condición se fundamenta en que de esta forma la renta vitalicia resultará de mayor importe que si descapitalizamos la reserva matemática con un rescate para el padre. Este es un seguro especialmente apto para padres con hijos con alguna discapacidad cuya naturaleza les impedirá poder ganarse la vida en el futuro. En estas circunstancias, el padre mantiene mientras vive a su hijo y debe preparar al mismo tiempo una renta para que en su ausencia el hijo disponga de recursos económicos suficientes para su subsistencia. Dada esta circunstancia, el diseño de producto mantiene un pago permanente mientras ambos, padre e hijo, viven y se extingue si el hijo muere sin que haya rescate al no responder esa circunstancia a la necesidad a cubrir.

Para ilustrar el caso, hemos considerado que el padre tiene un hijo con Síndrome de Down y decide capitalizar una renta vitalicia para su hijo con las características mencionadas anteriormente. La mortalidad de las personas con Síndrome de Down es muy superior a las mortalidades habituales (Strauss and Eyman, 1996), ya que estas personas padecen una mayor propensión a enfermedades y sufren un envejecimiento prematuro. Además, la esperanza de vida depende del grado del síndrome. Para el padre se ha utilizado la tabla PERM2000C generacional de 1980 (DGSFP, 2000) Los parámetros generales del caso se detallan a continuación:

Cuadro 1: Descripción del caso

Parámetro	Valor
Edad del padre	35
Edad del hijo	0
Tabla de mortalidad del padre	PERM2000C/gen 1980 (Esperanza 85 años)
Tabla de mortalidad del hijo	Strauss-Eyman Down severo (Esperanza 47 años)
Tipo de interés	3 %
Cuota Anual a pagar por el padre	120€
Rescate en caso de fallecer el hijo	0€
Renta anual a cobrar por el hijo	1000€

El cálculo se ha realizado utilizando el algoritmo detallado anteriormente, considerando dos individuos que solo pueden estar vivos o muertos y utilizando en cada uno su propia tabla de mortalidad. En la figura 1, se muestra la función de probabilidad del VAN:

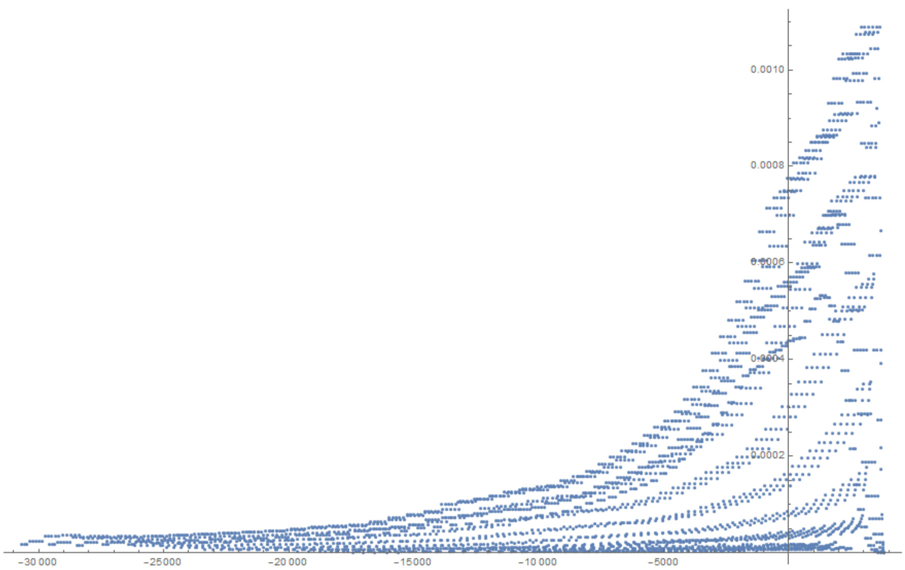

Figura 1: VAN detallado

En la figura se pueden observar todos los puntos, que corresponden a cada uno de los posibles caminos que el contrato de seguro puede tener. En el gráfico se pueden observar determinados dibujos donde cada curva corresponde a una colección de caminos que tienen algo en común. A modo ilustrativo, se adjuntan distintas curvas determinadas por una característica concreta:

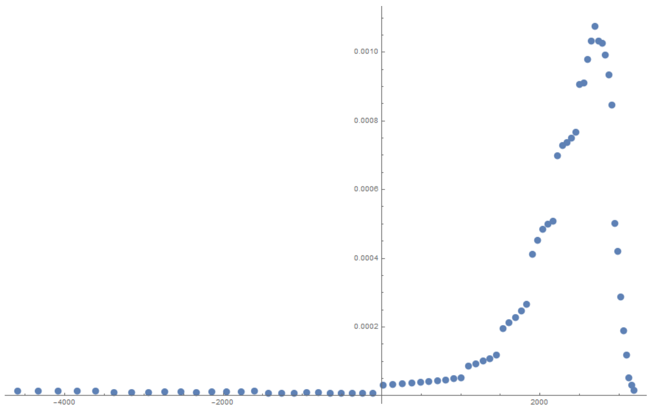

Figura 2: VAN con renta de 5 periodos

En la figura 2 de la renta de 5 periodos se aprecia cómo ésta está muy sesgada a la parte positiva. Este resultado es sencillo de entender ya que el padre tiene una alta probabilidad de vivir un largo periodo de tiempo y dado que la renta a percibir en el caso de supervivencia del hijo será mayoritariamente alejada en el tiempo, su contribución al valor actual estará descontada. Obviamente, este pico se irá desplazando a la izquierda conforme consideremos una mayor longevidad de la renta.

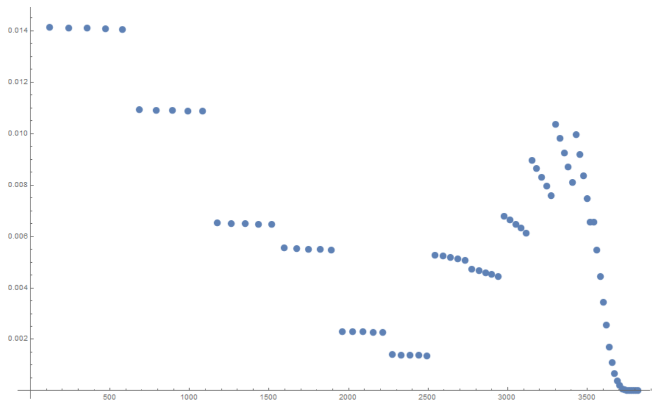

Figura 3: VAN: padre sobrevive al hijo

La figura 3, donde el padre sobrevive al hijo, presenta en su primera parte una probabilidad elevada debido a la mortalidad infantil del niño, que va reduciéndose conforme la probabilidad de supervivencia del hijo crece. La pendiente creciente posterior es la consecuencia de la probabilidad de que el padre llegue vivo y muera el hijo. La probabilidad del que el padre viva más tiempo es cada vez menor, pero es cada vez mayor la probabilidad de que sobreviva al hijo, el producto combinado crece. En el tramo final de pendiente negativa, la probabilidad de que estando vivo el padre sobreviva a su hijo no puede compensar la probabilidad de que el padre llegue a tan avanzadas edades, y como consecuencia, la probabilidad conjunta cae.

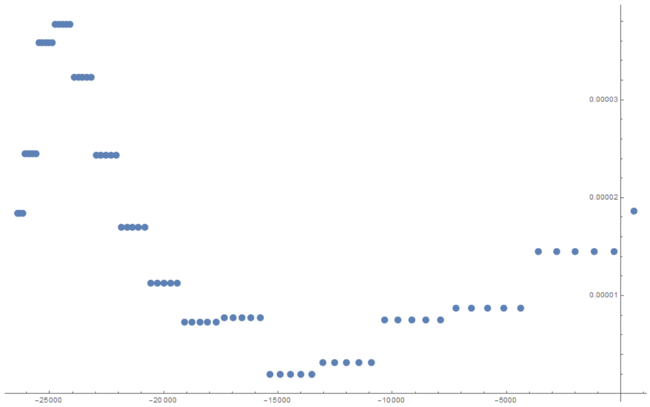

Figura 4: VAN: padre sobrevive 5 periodos

Si observamos las curvas basándonos en la supervivencia del padre, figura 4, tenemos un VAN claramente negativo en los casos donde el padre sobrevive pocos años e irá desplazándose la curva hacia la derecha conforme exijamos mayor supervivencia al padre.

Las plataformas que se observan son el resultado de la interpolación lineal cada 5 periodos de la tabla de mortalidad Down, y como consecuencia, obtenemos grupos de 5 años con la misma q_x.

La figura global 1 es la suma de la opción de que el padre sobreviva al hijo más las rentas de todas las longitudes posibles o la suma de todas las cotizaciones posibles.

No obstante, en términos de VAN lo interesante no es la descomposición total en sucesos, sino la agrupación razonable de posibles valores del VAN. En la figura 5 observamos el histograma agrupando el VAN agrupado por cada 500€.

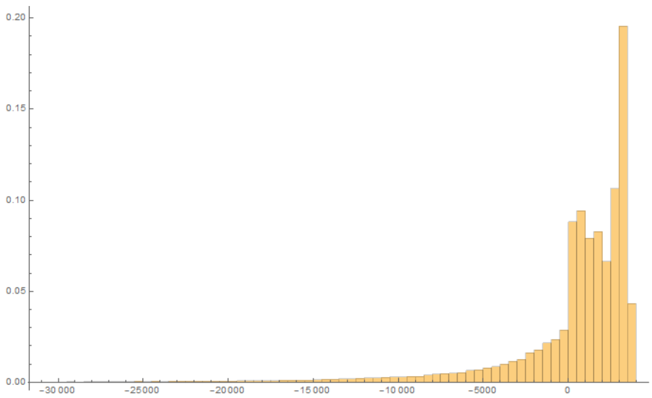

Figura 5: VAN agrupado por cada 500€

4. Análisis de Sensibilidad

Para poder realizar un análisis sobre cómo impacta en la estabilidad financiera del producto los distintos factores actuariales conviene obtener los dos valores más significativos de una serie estadística, la media y la varianza (o en su defecto, la desviación típica). El primer análisis que realizaremos sobre el caso anterior será cómo afecta una bajada en los tipos de interés a la provisión matemática, entendida ésta como el valor promedio del VAN. Posteriormente analizaremos el impacto que se espera por el avance sanitario, en especial en un colectivo con una esperanza de vida reducida, donde tiene mucho recorrido por hacerse en este sentido.

El resultado se puede agrupar más obteniendo el valor medio de la operación así como la desviación típica.

4.1. Caída de los tipos de interés

Para el caso que nos ocupa, descrito en la sección 3, tenemos los siguientes valores en función de distintos tipos de interés:

Cuadro 2: Impacto de la provisión ante caídas de tipos de interés

Tipo de interés	Media aritmética (€)	Desv. típica (€)
3.0 %	311.40	4325.69
2.5 %	-34.91	5088.90
2.0 %	-508.87	6051.69
1.5 %	-1154.72	7277.10
1.0 %	-2032.48	8850.40
0.5 %	-3223.74	10887.40
0.0 %	-4839.80	13546.40

Como era de esperar, una bajada en tipos de interés supone un deterioro inasumible en la sostenibilidad financiera de este producto de capitalización. Por esta razón, no debe ser considerado tanto como un producto de capitalización puro sino como un producto asegurador en el sentido del riesgo que cubre, que es la renta para una persona con discapacidad. Esto implica que para que pueda ser comercializado con garantías de sostenibilidad financiera, la renta vitalicia ofertada debe tener un multiplicador respecto la cuota fraternal inferior al planteado en este ejercicio. En concreto, para el caso extremo de un interés al 0 %, ese multiplicador debe ser como máximo 4:

Parámetro	Valor(€)
Cuota del padre	120.00
Renta del hijo	480.00
Media	154.15
desviación típica	6877.84

Se observa también cómo se incrementa notablemente la volatilidad del producto. Este efecto se produce al reducirse el factor de descuento financiero y en consecuencia, ampliándose los valores posibles de la operación.

4.2. Mejora en la supervivencia de la discapacidad

El otro gran riesgo que todo producto de capitalización tiene es el de las mejoras en las tablas de mortalidad. En concreto, este es un riesgo siempre que hablemos de rentas vitalicias individuales, pero no así cuando la contingencia que se paga es el propio fallecimiento, como pueda ocurrir con un producto de enterramiento. En el caso que nos ocupa tenemos un doble efecto dado que cada cabeza está afectada de forma inversa al riesgo de la mejora de una tabla de mortalidad. Principalmente, el mayor avance sanitario se da en aquellas personas que por constitución tienen un mayor riesgo de morir (Jensen and Bulova, 2016). En estos casos, los avances son más efectivos que en los que las esperanzas de vida son ya muy altas. Por consiguiente, analizaremos el impacto que tiene transformar la tabla de mortalidad de las personas con Síndrome de Down en una tabla más cercana a la de mortalidad de la población general (PERM2000C, PERMF2000C) (DGSFP, 2000).

Para ello, definimos el factor de mejora λ como:

$$q_x^{mejorada} = q_x^{padre} \times \lambda + q_x^{down} \times (1 - \lambda)$$

donde $q_x^{mejorada}$ será la nueva tabla de mortalidad que aplicaremos al hijo.

En el cuadro 3 se presenta la esperanza de vida al nacer en función del factor de mejora utilizando las tablas PERM2000C/gen=1980 y la tabla Down Severa (Strauss and Eyman, 1996).

Cuadro 3: Esperanza de Vida al nacer

Factor de mejora	Esperanza de vida al nacer (años)
0 %	49.3
10 %	50.7
20 %	52.6
30 %	54.4
40 %	56.4
50 %	58.6
60 %	61.2
70 %	64.2
80 %	67.9
90 %	73.5
100 %	85.5

Consideremos el primer caso planteado en la sección 3, con un tipo de interés al 3 %, donde el padre paga una cuota anual de 120€ y el hijo recibe 1000€ en caso de sobrevivir a su padre. Si repetimos los cálculos para media y desviación típica, con distintos factores de mejora, obtenemos los siguientes resultados:

Cuadro 4: Provisión matemática según factor de mejora

Factor de mejora	Media aritmética (€)	Desv. típica (€)
0 %	311.40	4325.69
10 %	221.69	4399.51
20 %	119.39	4475.16
30 %	2.00	4552.53
40 %	-133.81	4631.44
50 %	-292.81	4711.63
60 %	-482.42	4792.84
70 %	-715.718	4875.01
80 %	-1020.64	4959.20
90 %	-1473.71	5049.92
100 %	-2354.10	5145.08

En el caso descrito observamos que el producto comienza a ser deficitario con un factor de mejora del 40 % que equivale a incrementar 7 años la esperanza de vida, lo cual no es tan improbable. Teniendo en cuenta que una bajada simultánea de tipos de interés no es algo que tampoco podamos esperar, podemos inferir que este producto tiene un severo riesgo si no le dotamos de un margen suficiente. Tomando el resultado del apartado anterior, donde para evitar las pérdidas por caídas de tipo de interés reducimos el multiplicador de la renta vitalicia a 4, podemos calcular el impacto que tiene el factor de mejora bajo esas condiciones contractuales:

Cuadro 5: Provisión Matemática según factor de mejora al 0 %

Factor de mejora	Media aritmética (€)	Desv. típica (€)
0 %	154.15	6877.84
10 %	-92.16	7066.84
20 %	-380.60	7265.19
30 %	-720.91	7473.06
40 %	-1126.61	7690.68
50 %	-1617.81	7918.75
60 %	-2227.48	8160.08
70 %	-3018.16	8424.84
80 %	-4135.57	8750.19
90 %	-6024.29	9266.11
100 %	-10505.80	10117.20

Los resultados son fácilmente interpretables. Si el padre no tiene una mejora en su esperanza de vida pero sí lo hace el hijo, el impacto solo puede ser negativo. De igual manera, cuanto más bajo sea el tipo de interés, el impacto se incrementa notablemente al no amortiguarse la renta por el descuento financiero.

La medicina previsiblemente avanzará más en la elongación de la vida de aquellas personas que por su constitución y su dificultad se encuentran en una situación inferior, pero podemos prever que también mejorará la prolongación de la vida en las personas sin discapacidad. Si modificamos la tabla de mortalidad del padre multiplicando la probabilidad de fallecimiento q_x por 0.6 excepto en el último dato de la tabla donde necesariamente alcanzamos la edad máxima posible, obtenemos una mejora en la esperanza de vida de 5 años. En esas condiciones, tomando un factor de mejora para el hijo del 60 %, incrementando por tanto 11 años su esperanza de vida, y en el caso extremo de tipos al 0 %, el producto con un multiplicador en la renta de 4 toma un valor medio de 51.65€ restaurándose el equilibrio. Por tanto, si el impacto sanitario favorece a ambos, padre e hijo y aun en el caso de prever que favorezca más al hijo, el producto se autorregula dejando como riesgo principal únicamente el tipo de interés.

5. Conclusiones

En la primera parte hemos descrito un método extraordinariamente sencillo y fácil de implementar que resuelve con exactitud cualquier seguro de vida independientemente del número de posibles salidas y número de cabezas. El método separa por un lado la componente financiera (estructura temporal de tipos de interés) y por otro, requiere conocer las probabilidades de transición de un posible estado del individuo o grupo a otro en un periodo de tiempo inmediatamente posterior. Este método no calcula la provisión matemática en un sentido tradicional, sino la función de probabilidad del valor actual neto. La provisión matemática se podrá calcular a través de esta función estadística imponiendo el criterio deseado. En general, se considera la provisión matemática como el valor medio de la función de distribución aunque otras opciones basadas en VaR pueden ser factibles para carteras de tamaño reducido.

En la segunda parte se ha utilizado el método descrito para el cálculo de un producto de dos cabezas (padre e hijo) cuyo propósito es constituir una renta vitalicia por parte del padre para el hijo, y donde éste tiene una clara menor esperanza de vida que el padre. Se observa que el producto es altamente sensible al tipo de interés, obligando en su diseño a prever caídas importantes dotándolo de un mayor margen, sin que por esto, el producto pierda interés y sea válido para la protección del menor. Por otra parte, se observa que una mejora en la esperanza de vida del hijo, a pesar de ser un producto que constituye una renta vitalicia, no es tan grave como pudiéramos pensar a priori. Es esperable que si el hijo mejora en su esperanza de vida, el padre también lo haga y tal y como se ha visto en el caso propuesto, la mejora en la esperanza de vida del padre equilibra bien el posible déficit que pudiera crear la prolongación de la vida del hijo.

El producto es especialmente sensible en las mejoras de la esperanza de vida en un contexto de tipos de interés bajos. Si el tipo de interés no es bajo, el impacto producido por la mejora en la tabla de mortalidad puede estar perfectamente absorbido por los márgenes de seguridad del producto. Si los tipos se reducen, ese impacto se dispara. La incertidumbre en este sentido es muy elevada porque la medicina tiene un campo enorme para realizar mejoras en estos sectores poblacionales debido a su actual fragilidad.

Finalmente, cabe destacar el método de cálculo ya que éste nos permite establecer hipótesis complejas en casos asimismo complejos. La estructura financiera no requiere ser combinada con la estadística actuarial, aunque como se ha podido observar, los impactos se producen de forma cruzada. Por otra parte, este método nos permite definir con la complejidad que sea necesaria las condiciones contractuales sin que el algoritmo principal deba ser alterado.

Referencias

Bondy, J. A. and Murty, U. S. R. (1976). *Graph theory with applications*, volume 290. Macmillan London.

DGSFP (2000). Resolución de la dirección general de seguros. https://www.dgsfp.mineco.es/sector/Legislacion/Resolucion

Gerber, H. U. (1997). Life insurance. In *Life Insurance Mathematics*, pages 23–33. Springer.

Jensen, K. M. and Bulova, P. D. (2016). Down syndrome. In *Care of Adults with Chronic Childhood Conditions*, pages 149–166. Springer.

Nieto, A. (2006). El seguro de vida como variable aleatoria. cómo calcular su función de distribución. http://www.ica2006.com/Papiers/391/391.pdf.

Strauss, D. and Eyman, R. K. (1996). Mortality of people with mental retardation in california with and without down syndrome, 1986-1991. *AJMR-American Journal on Mental Retardation*, 100(6):643–653.