

# SOLVENCIA II: CAPITAL ECONÓMICO EN SEGUROS DE VIDA

**UNIVERSIDAD DE VALENCIA**

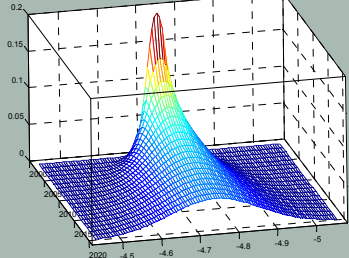
**Facultad de Economía**

**Departamento de Economía Financiera y Actuarial**

Valencia,

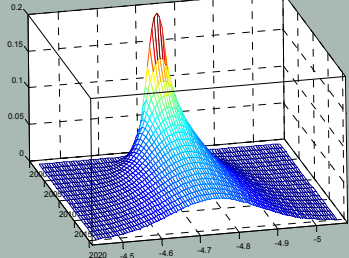
23 de Febrero de 2007

**Emiliano Pozuelo de Gracia**



# Agenda.

- Capital disponible.
- Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.
- Margen de riesgo.
- Capital económico.
  - Medición de cada subriesgo.
  - Agregación de riesgos.
- Pasos.



# Capital disponible

## Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

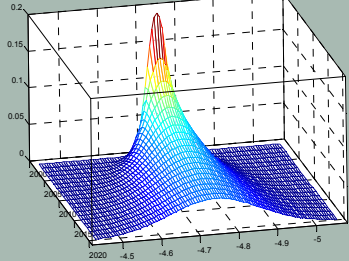
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.



Se obtiene a partir del Balance Económico ó Realista, por diferencia entre el Valor de Mercado de los Activos y el Valor de Mercado de los Pasivos.



# Capital disponible

## Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

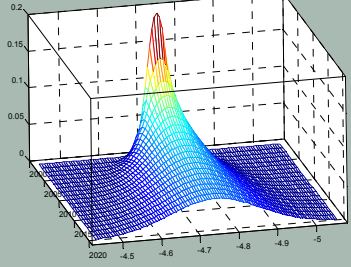
Pasos.



Valor de mercado.

Estimación consistente con el mercado.





# Capital disponible

## Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

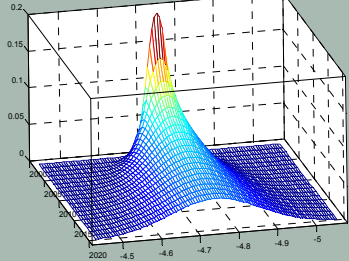
Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Valor  
Mercado  
Pasivos



# Capital disponible

## Capital disponible.

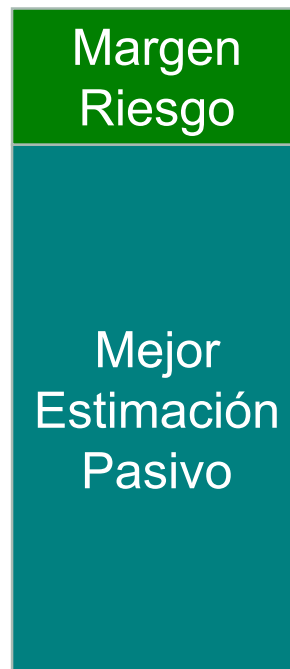
Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

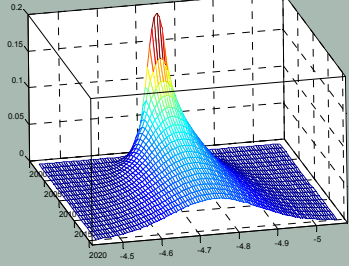
Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.





# Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida (BEL).

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

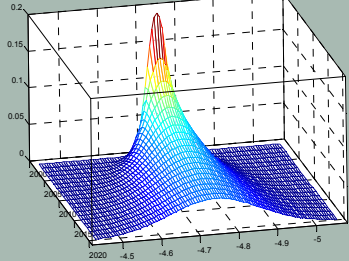
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- Mejor estimación posible del flujo de caja probable.
- Tasa de descuento revisable para cada cierre.
- Tablas de mortalidad, gastos y demás hipótesis no financieras revisables cuando no se puedan mantener a futuro.
- Incorporación a la valoración de las opcionalidades implícitas.



# Tasa de descuento

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

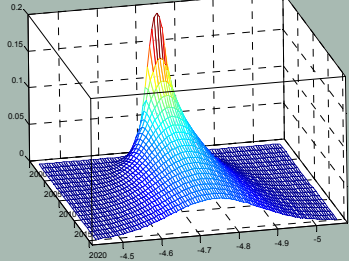
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- Dos posturas: sin spread de la propia aseguradora (CEIOPS), con este spread (IASB).
- Argumentos a favor de la 1ª:
  - Un descenso de calidad crediticia->incremento de las ganancias.
  - No existe un mercado de pasivos de seguro líquido.
- Argumentos a favor de la 2ª:
  - Este pasivo es activo de “alguien”, y este último sí considera el spread de la aseguradora. Si la aseguradora cancelara su pasivo mediante el pago al poseedor de la Póliza, el precio debería ser el mismo que consideraría el poseedor.
- En el marco de Solvencia II, no se admite en modo alguno el spread de crédito de la propia aseguradora.



# Tasa de descuento

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

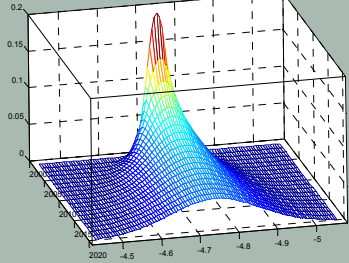
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- Se ha de calibrar para cada cierre contable a partir de los precios de cotización de instrumentos financieros que cotizan en los mercados de capitales.
- La ETTI no se puede extraer inmediatamente de los mercados. Los modelos estáticos de la ETTI tienen por finalidad esta extracción. Cómo ejemplo tenemos:
  - Modelos de esplines cuadráticos, cúbicos o exponenciales, como por ejemplo el modelo de Vasicek y Fong adaptado al mercado español por Contreras et al (1996).
  - Técnicas de bootstrapping a partir de bonos o tipos de interés de las ramas fijas de los Interest Rate Swaps (IRSs).



## Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

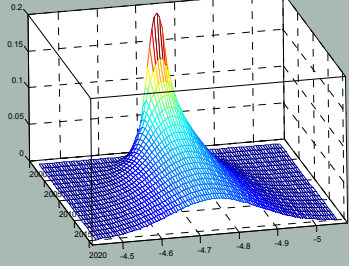
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- Las tablas de mortalidad vigentes en la legislación española, estarían cuestionadas.
- Por ejemplo, actualmente se vienen aplicando para Seguros Vida – Ahorro, las tablas suizas GRM/F-95 (estáticas) y las tablas españolas PERM/F – 2000 P/C. En Seguros Vida – Riesgo, tenemos las tablas suizas GKM/F – 95.
- En todos los casos mencionados, estamos hablando de tablas de mortalidad de 2º orden, o con recargo de seguridad implícito. Esto las invalida para el BEL.
- Se han de considerar unas tablas de mortalidad más adecuadas a la población objeto de aseguramiento y sin recargo de seguridad. Hemos ajustado tablas de mortalidad a la población andaluza.



# Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

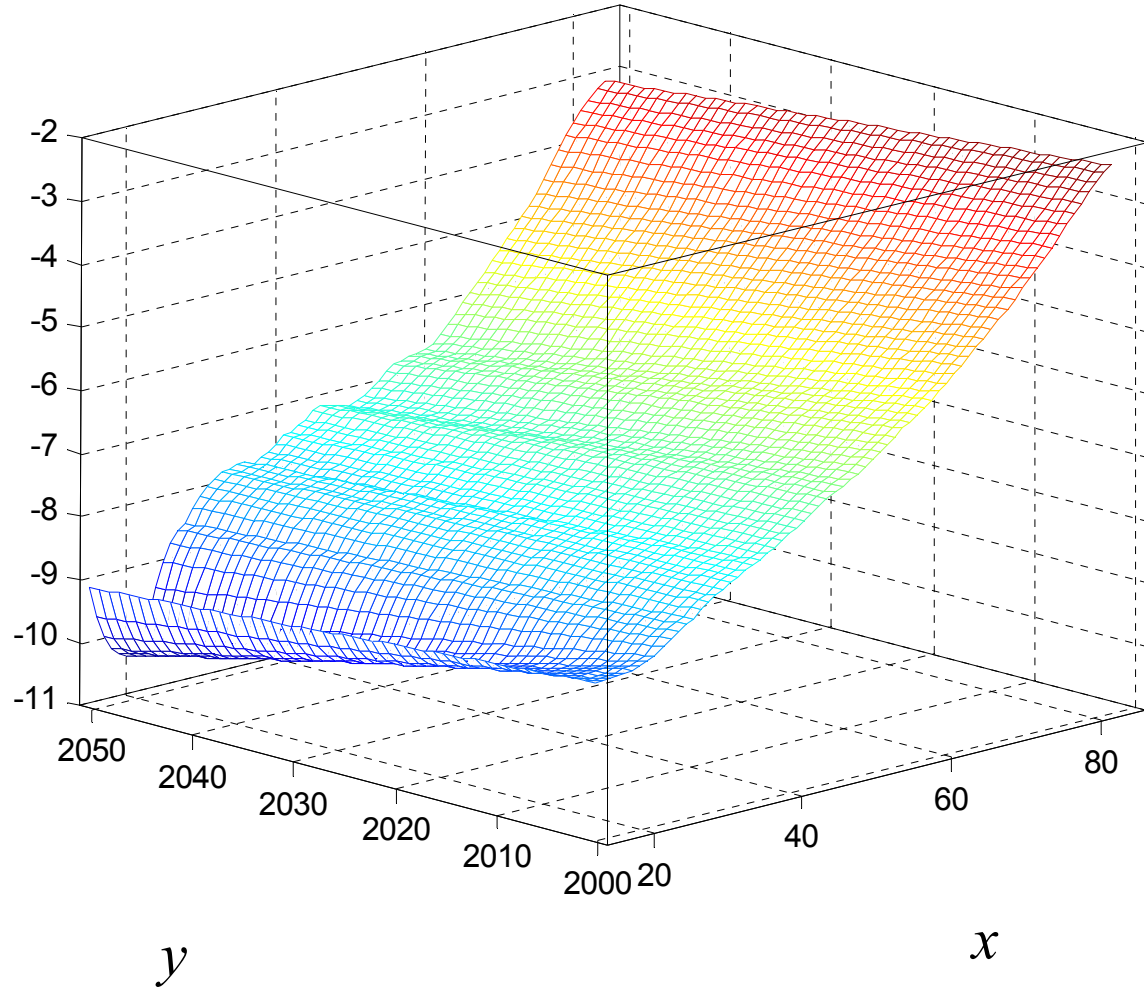
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

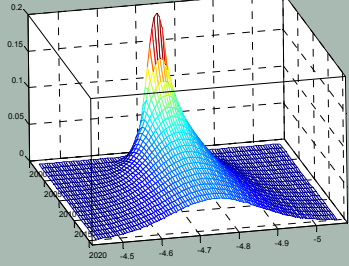
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

Los resultados obtenidos en media, son para mujeres

$$Ep[\ln(q_{x,y})]$$





# Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

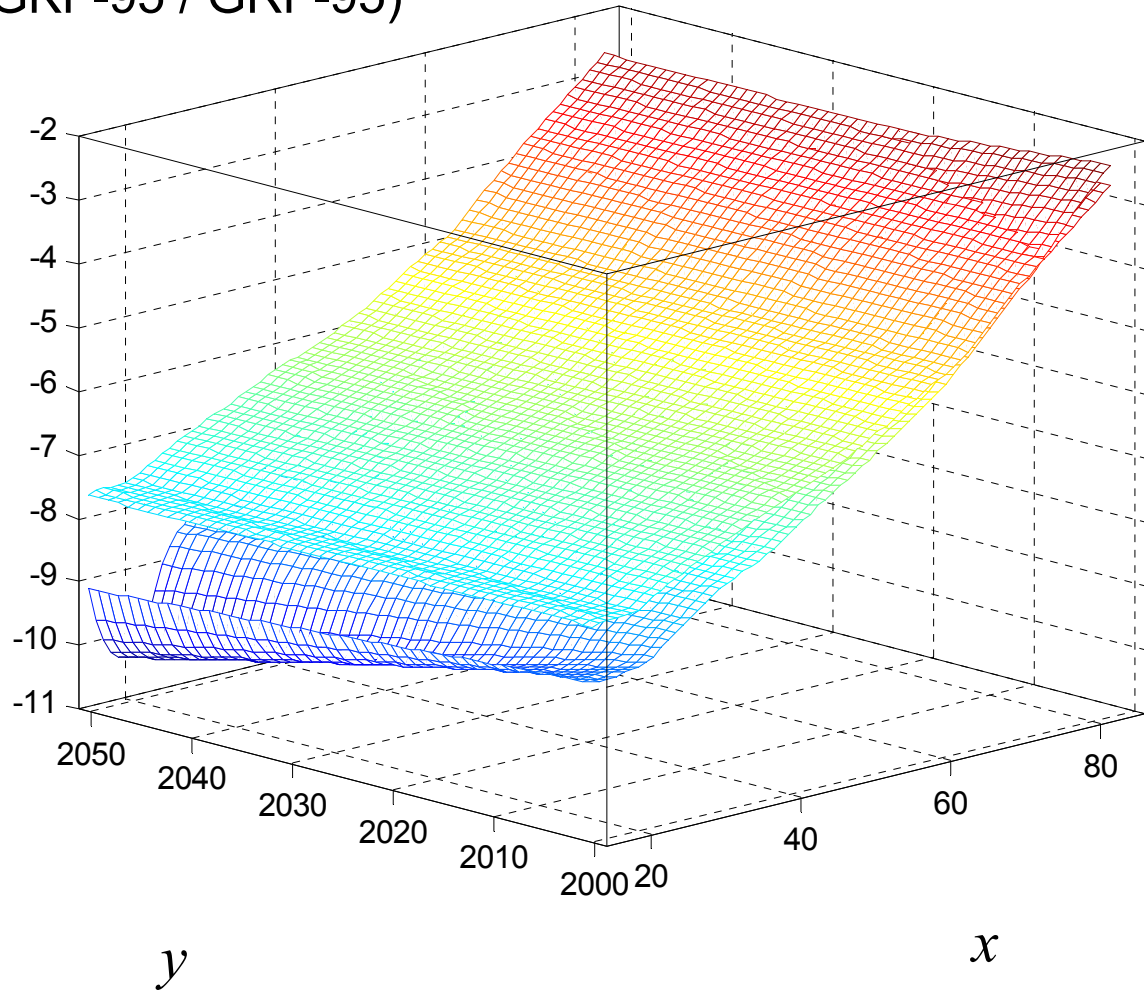
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

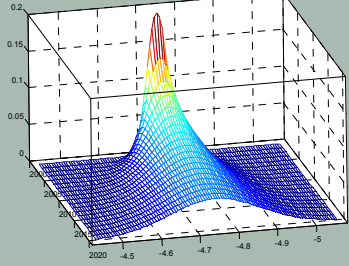
Mejor Estimación Pasivo

Si la comparamos con las tablas suizas  
(promedio GKF-95 / GRF-95)

$$Ep[\ln(q_{x,y})]$$







# Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

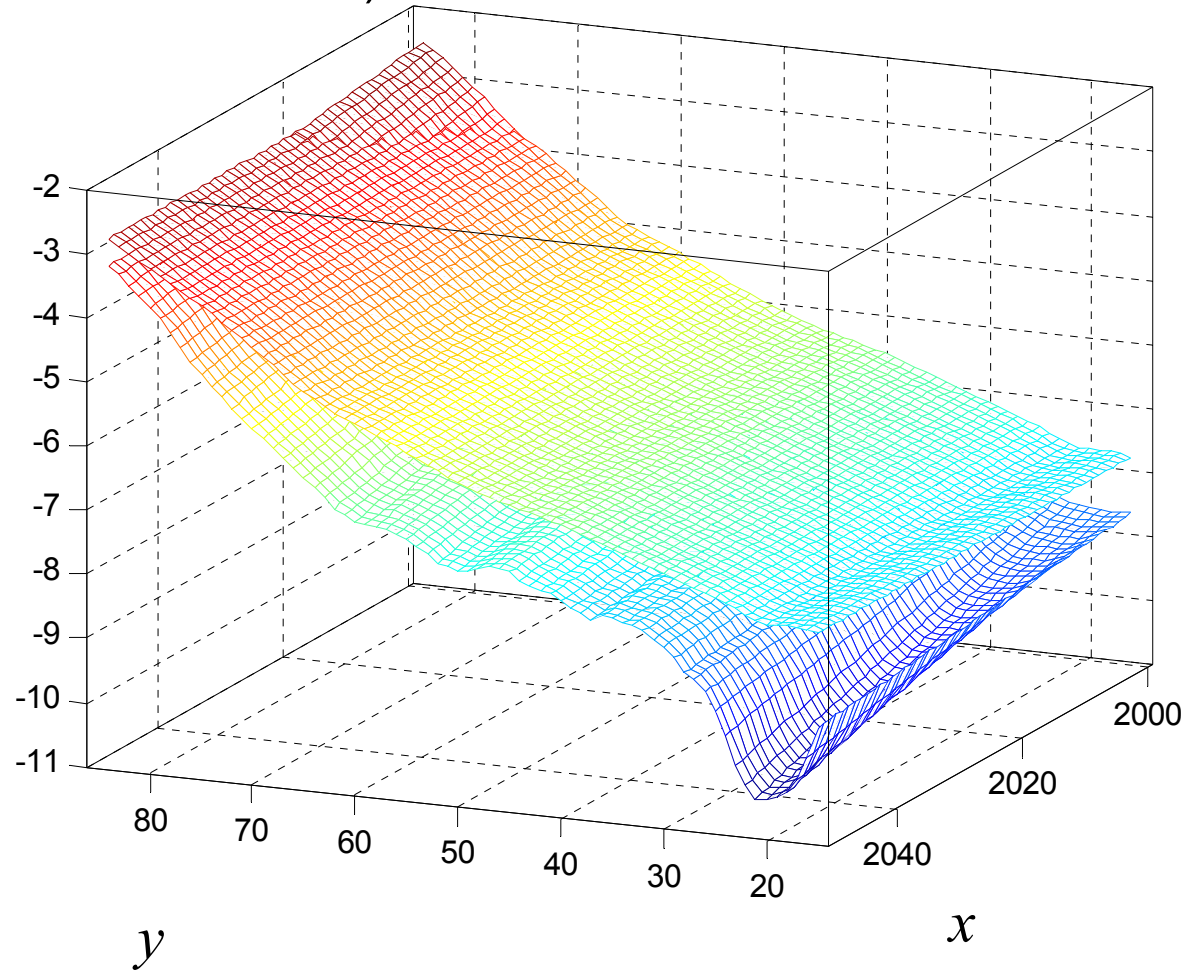
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

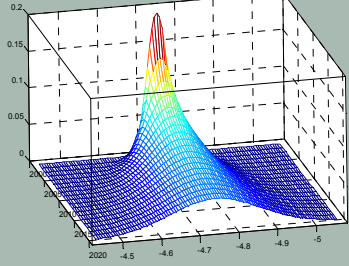
Pasos.

Mejor Estimación Pasivo

Si la comparamos con las tablas suizas (promedio GKF-95 / GRF-95)

$$Ep[\ln(q_{x,y})]$$





# Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

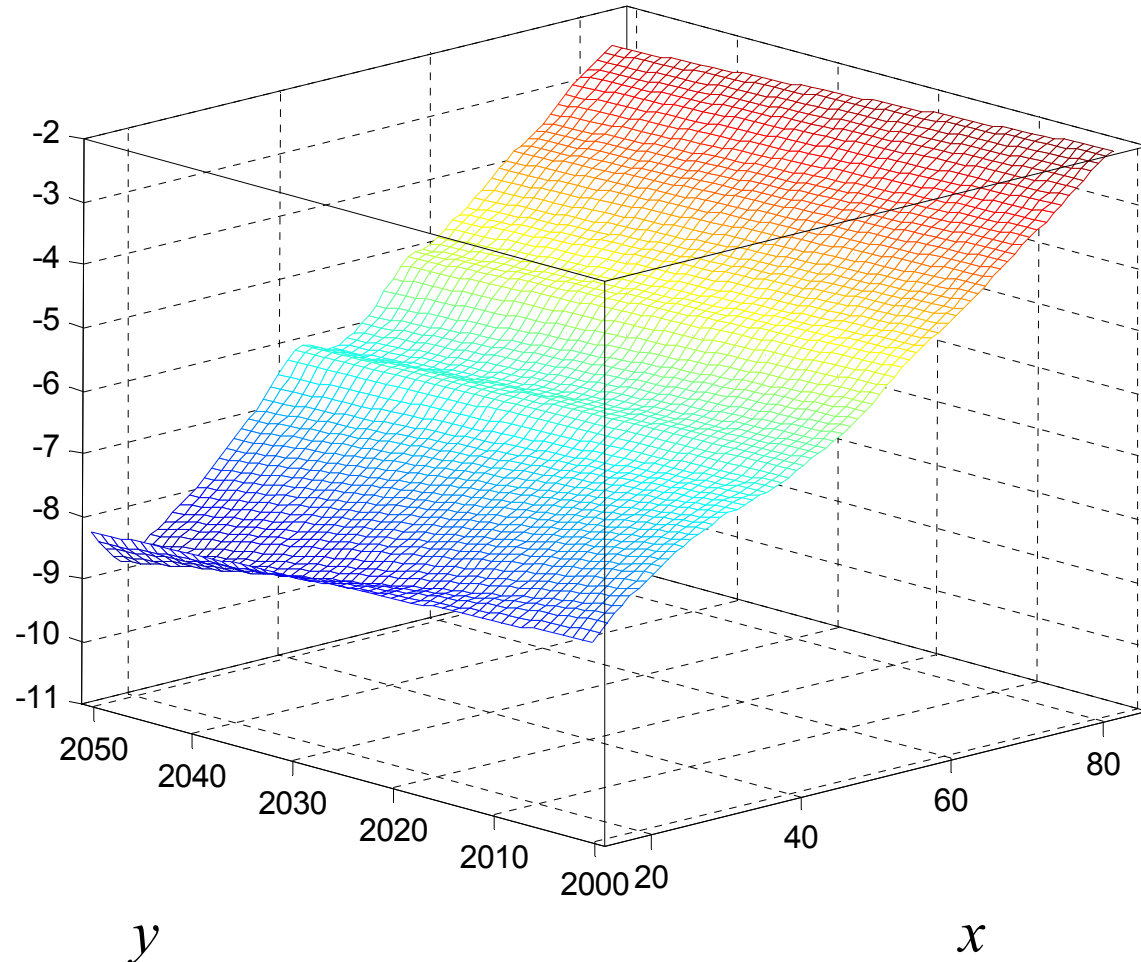
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

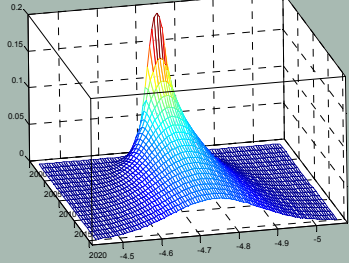
Pasos.

Mejor Estimación Pasivo

Para hombres

$$Ep[\ln(q_{x,y})]$$





# Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

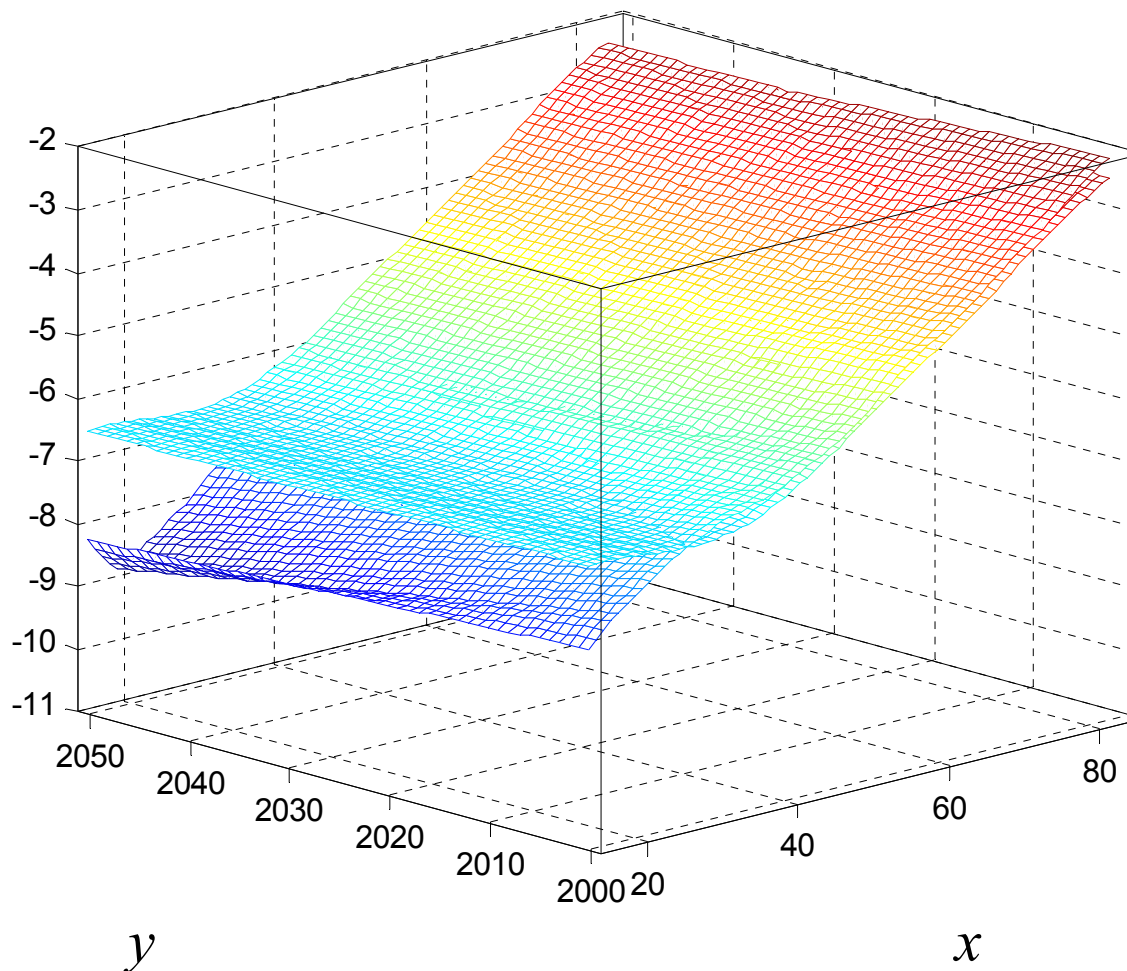
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

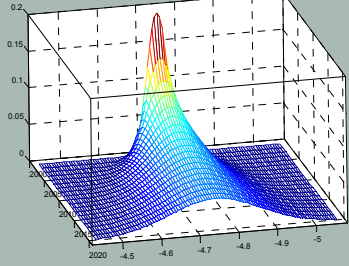
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

La comparativa con las tablas suizas (promedio GKM-95 / GRM-95) es:

$$Ep[\ln(q_{x,y})]$$





# Tablas de mortalidad

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

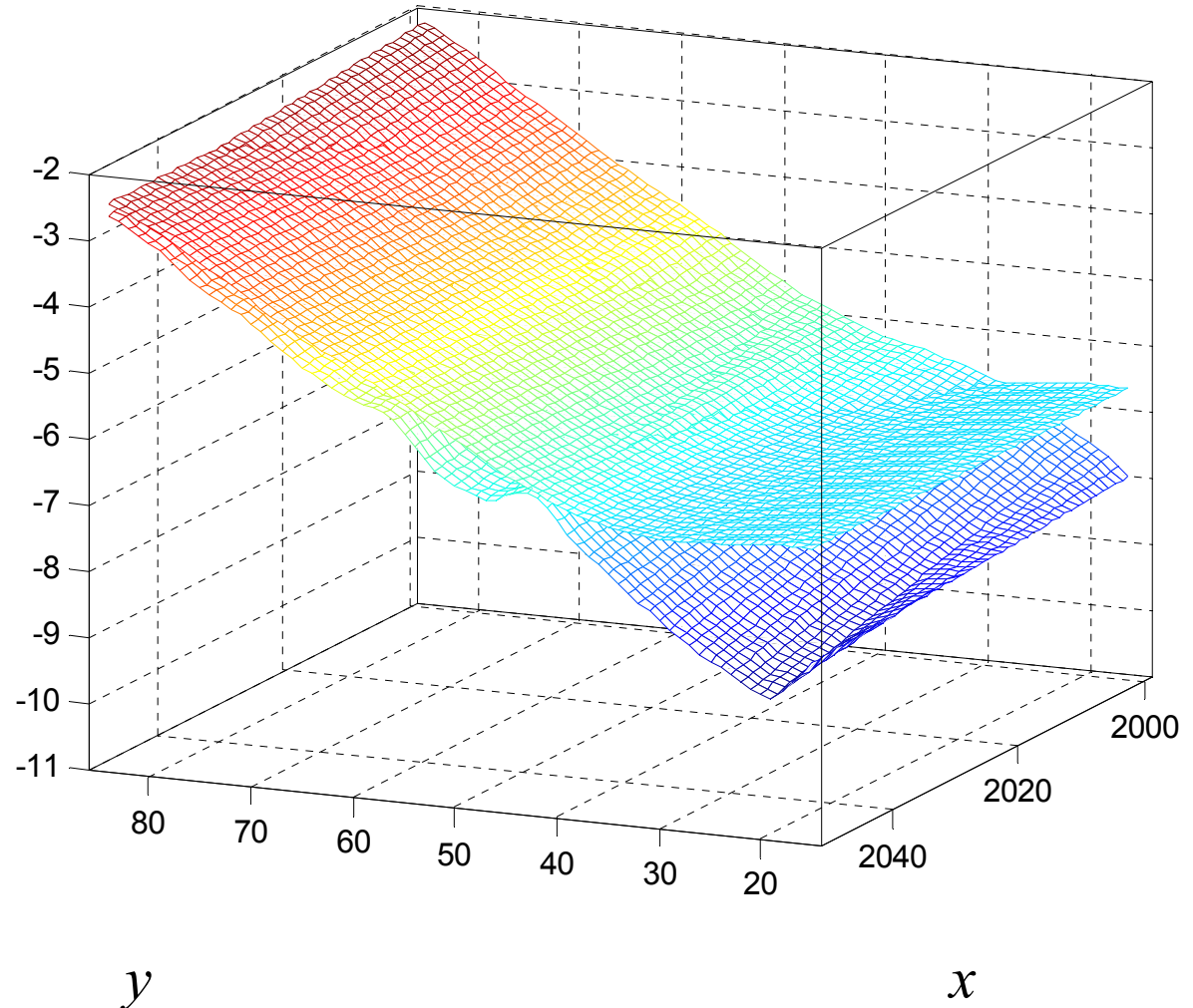
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

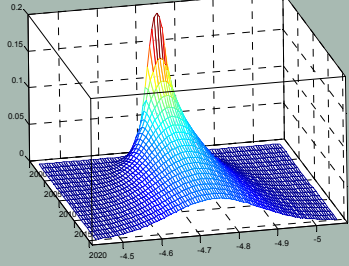
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

La comparativa con las tablas suizas (promedio GKM-95 / GRM-95) es:

$$Ep[\ln(q_{x,y})]$$





# Opcionalidades implícitas

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

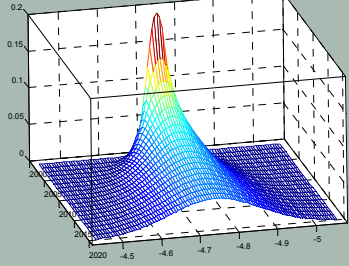
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

Son muchas las opciones implícitas en Seguros de Vida:

- Participación en los Beneficios que genere la inversión de los activos afectos.
- Valores garantizados en la Póliza: Rescate, Reducción y Anticipo.
- Capital Diferido convertible en Renta Vitalicia garantizada.
- ...



## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

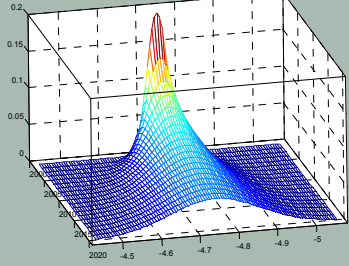
Mejor  
Estimación  
Pasivo

Para incorporar el precio de estas opcionalidades en el BEL, se ha de recurrir a modelización estocástica, ya que suelen estar generalmente fuera de dinero.

Para valorar la opción de participación en beneficios, hemos de considerar la futura evolución de la rentabilidad de los activos afectos.

La posición que cobra fuerza a este respecto es considerar la rentabilidad futura del activo libre de riesgo, ya que la tasa de descuento es también libre de riesgo.





## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

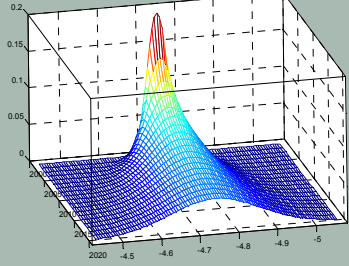
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

Para modelizar la evolución futura de los tipos de interés hemos de calibrar además de la ETTI, cuales son las expectativas de los intervinientes en el mercado en cuanto a su evolución futura.

Para calibrar la ETVs hemos de recurrir a instrumentos financieros cotizados en mercado cuyo precio se halla referenciado a esta evolución. Podríamos calibrar por ejemplo a partir del mercado de Caps o Swaptions.

Al igual que sucede con la ETTI, la ETVs no se obtiene inmediatamente. Tendríamos que recurrir por ejemplo a técnicas de Stripping de Caplet a partir del mercado de Cap.



## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

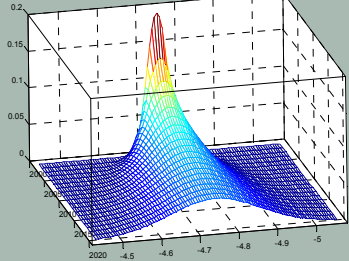
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

Para recoger en la valoración la futura evolución de los tipos de interés, podemos escoger de entre múltiples modelos:

- Modelos Afines (Hull y White, CIR, ...)
- Market Models (BGM, Jamshidiam, ...)
- Markov Functional Models.
- ...





## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

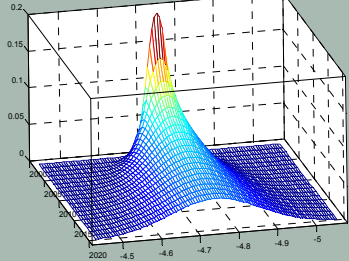
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

El modelo de Hull y White, permite replicar la ETTI vigente en el mercado. En su versión extendida (2 factores) permite replicar también la ETVs. Podemos destacar que:

- Presenta expresiones analíticas de las magnitudes usadas en la valoración.
- Su estructura markoviana permite su implementación en forma de árbol recombinante.
- En cambio puede proporcionar tipos de interés negativos.



## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

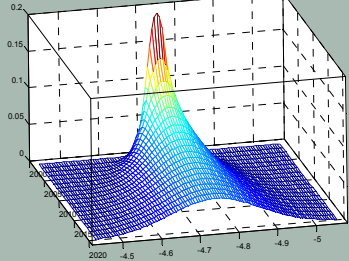
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

El modelo de BGM, se puede implementar mediante la técnica de montecarlo y es suficientemente flexible para:

- ajustar la ETTI vigente.
- ajustar la ETVs,
- correlaciones entre tipos,
- variabilidad de volatilidades y correlaciones,
- ...



## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

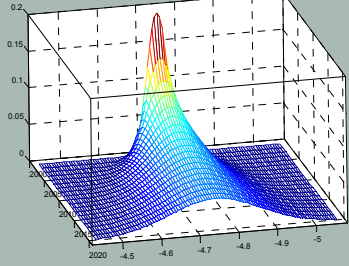
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

Los modelos Markov Funcional, también pertenecen a la familia de los Market Models, pudiendo

- replicar la ETTI,
- la ETVs,
- las correlaciones entre tipos,
- ...

Su ventaja sobre el anterior es que además su estructura markoviana de baja dimensión, permite su implementación mediante un árbol recombinante.



## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

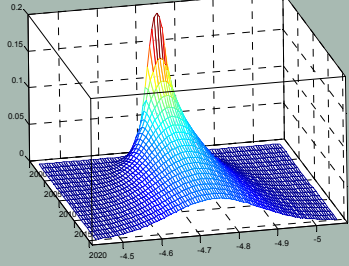
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- En el caso concreto del modelo de Hull y White y suponiendo unos parámetros de  $\alpha = 0,09860$  y  $\sigma = 0,01103$ , así como la curva cupón cero

<u>t</u>	<u>P(0,t)</u>
1	0,977469
2	0,947188
3	0,912773
4	0,875619
<u>5</u>	<u>0,837634</u>

Obtenemos:



# Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

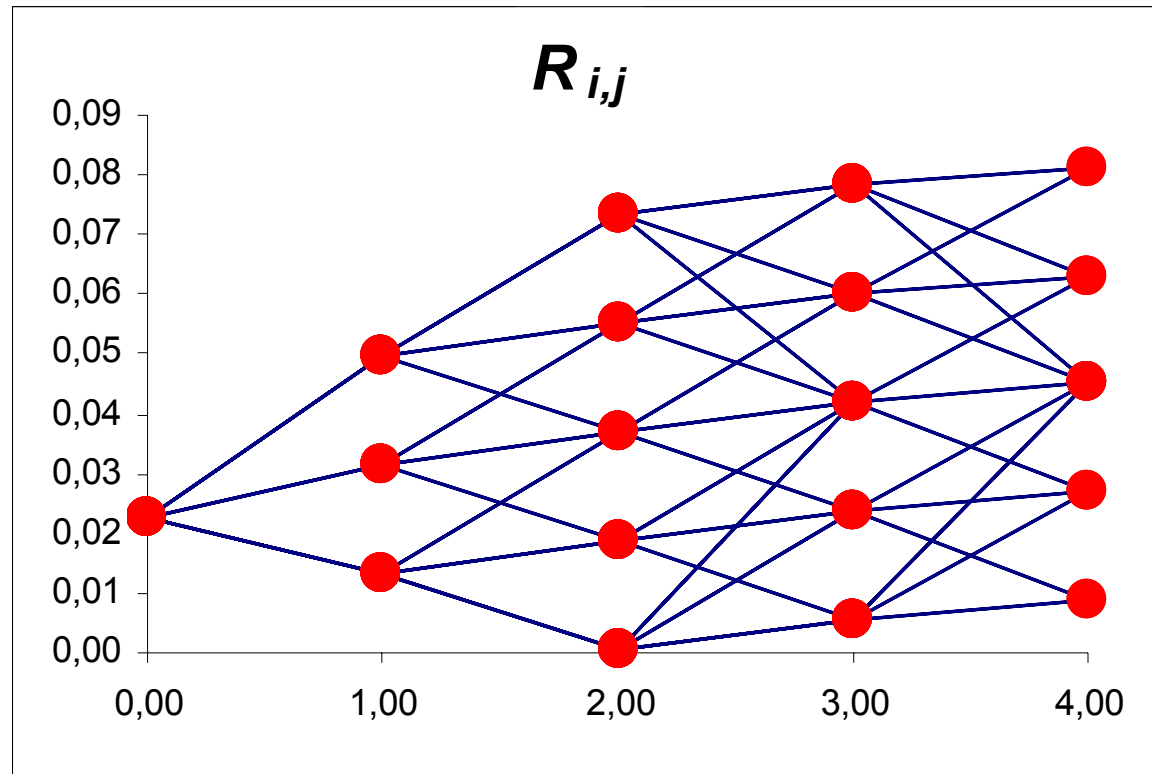
Margen de riesgo.

Capital económico.

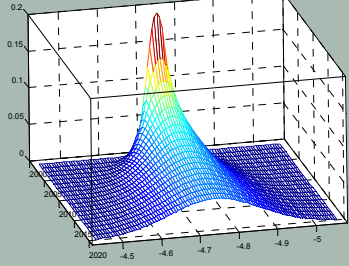
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor Estimación Pasivo



Donde cada nivel de tipo de interés futuro tiene asociada una probabilidad de ocurrencia.



## Opcionalidades implícitas (PB)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

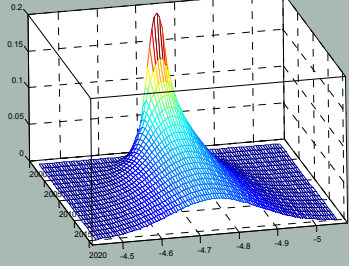
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- El factor de descuento actuarial a un año, tendría un factor de riesgo que identificamos con el tipo de interés y se determina como

$${}_1E_{x+i} = \exp(-R(i, i+1)) \cdot p_{x+i}$$

- Siendo estocástico el tipo  $R(i, i+1)$ .
- El precio de la opción de participación en beneficios se determinaría, iterativamente desde el vencimiento de la Póliza, descontando y agregando a partir del resultado para el Tomador de cada escenario considerado, multiplicado por su probabilidad de ocurrencia.



## Opcionalidades implícitas (Rescate)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

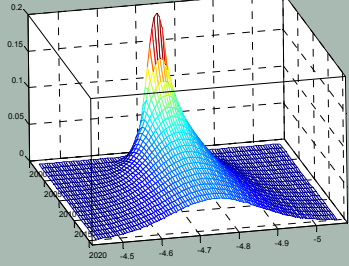
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- Existen dos posturas en cuanto a la opción de rescate:
  - Un flujo de caja más que matiza el resto.
  - Un suelo a las posibles valoraciones futuras.
- A favor de la primera postura podemos argumentar que el comportamiento de los Tomadores no es coherente con la lógica financiera. Existen modelos de comportamiento de la caída de cartera cuyas variables explicativas son diferentes a la evolución de los tipos de interés.
- A favor de la segunda podemos argumentar que, independientemente de que el Tomador no rescate cuando correspondería hacerlo, la Aseguradora no podría contabilizar una cifra inferior al valor de rescate, aunque los tipos de interés así lo determinaran.



## Opcionalidades implícitas (Rescate)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

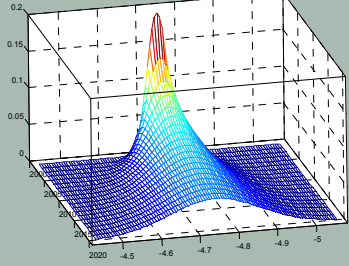
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- En el primer caso la valoración se llevaría a cabo considerando el nuevo flujo de caja determinado en función de su probabilidad de ocurrencia.
- En el segundo caso trataríamos el rescate como una opción americana. Los árboles recombinantes facilitan enormemente este tipo de valoración.
- En el marco de Solvencia II ha cobrado fuerza la segunda postura.





# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

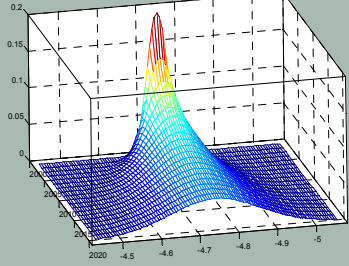
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- La actual reforma fiscal propiciará la contratación de los denominados Planes Individuales de Ahorro Sistemático (PIAS), cuyo cobro se hace efectivo a través de una renta vitalicia. La ley del IRPF exime de tributación por el rendimiento obtenido durante el plazo de constitución de la renta.
- En muchos casos el producto se configurará cómo un capital diferido convertible en renta vitalicia.
- Si la proporción en la conversión está garantizada, cobra gran importancia el riesgo inherente a la evolución futura de los tipos de interés, pero también a la evolución de la mortalidad futura.



# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- Proponemos para el tanto instantáneo de mortalidad, un proceso estocástico cuya evolución se rige por la siguiente EDE:

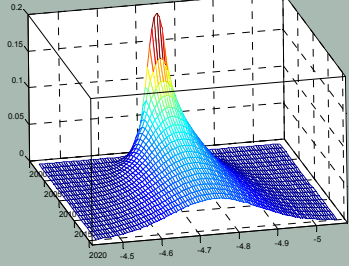
$$d\mu_x(t) = (\theta(t) - a\mu_x(t))dt + \sigma dW(t)$$

siendo

$$\mu_x(t) = - \left[ \frac{\partial \ln({}_{t_1-t}P_{x+t})}{\partial t_1} \right]_{t_1=t}, \quad {}_{t_1-t}P_{x+t} = \frac{l_{x+t_1}}{l_{x+t}}$$

- La implementación se llevará a cabo para un plazo de un año. Definimos el tanto de mortalidad a un año, determinado como

$$\mu_{x+t}^1 = \int_t^{t+1} \mu_x(s) ds$$



# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- La probabilidad de supervivencia a un año se obtendría

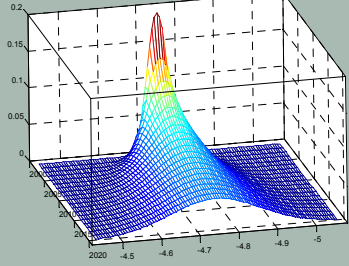
$$p_{x+t} = \exp\left(-\mu_{x+t}^1\right)$$

- Proponemos para su resolución numérica un algoritmo robusto de dos pasos, que proporciona árboles trinomiales recombinantes, compatibles con el modelo de Hull - White.

- Suponiendo unos parámetros de  $a = 0,203954$  y  $\sigma = 0,45231\%$  así como la tabla de mortalidad ajustada para una mujer de 70 años:

obtenemos para el tanto de mortalidad a un año:

<u>t</u>	<u>lx,t .</u>
0	1.000,00
1	987,50
2	973,73
3	958,59
4	941,94
5	923,60



# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

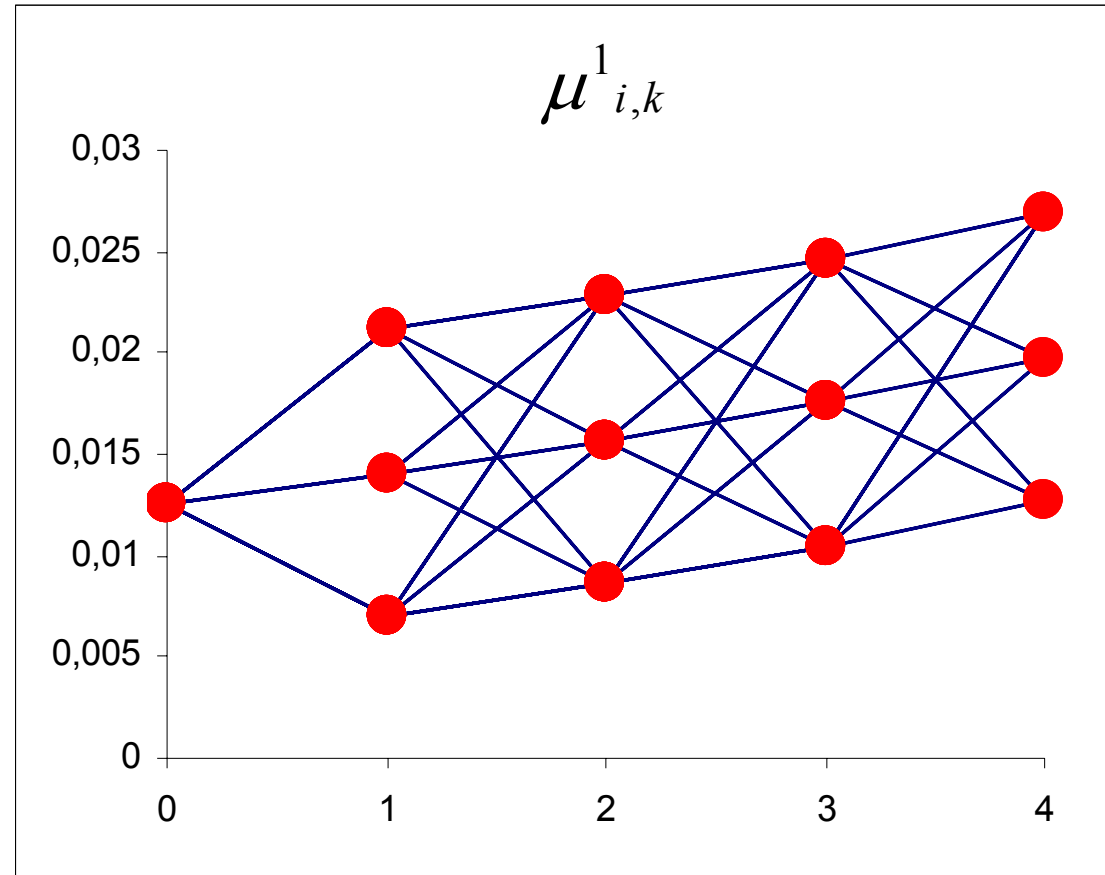
Margen de riesgo.

Capital económico.

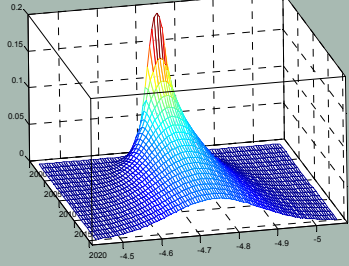
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo



Donde cada nivel del tanto de mortalidad futuro tiene asociada una probabilidad de ocurrencia.



# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

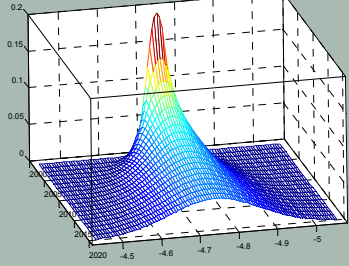
Pasos.

Mejor  
Estimación  
Pasivo

- El factor de descuento actuarial tendría dos factores de riesgo: el tipo de interés y el tanto de mortalidad. Para el plazo de un año, se determina como

$${}_1E_{x+i} = \exp\left(-\left(R(i, i+1) + \mu_x^1(i, i+1)\right)\right)$$

- Siendo ahora  $R(i, i+1)$  y  $\mu_x^1(i, i+1)$  estocásticos.



# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

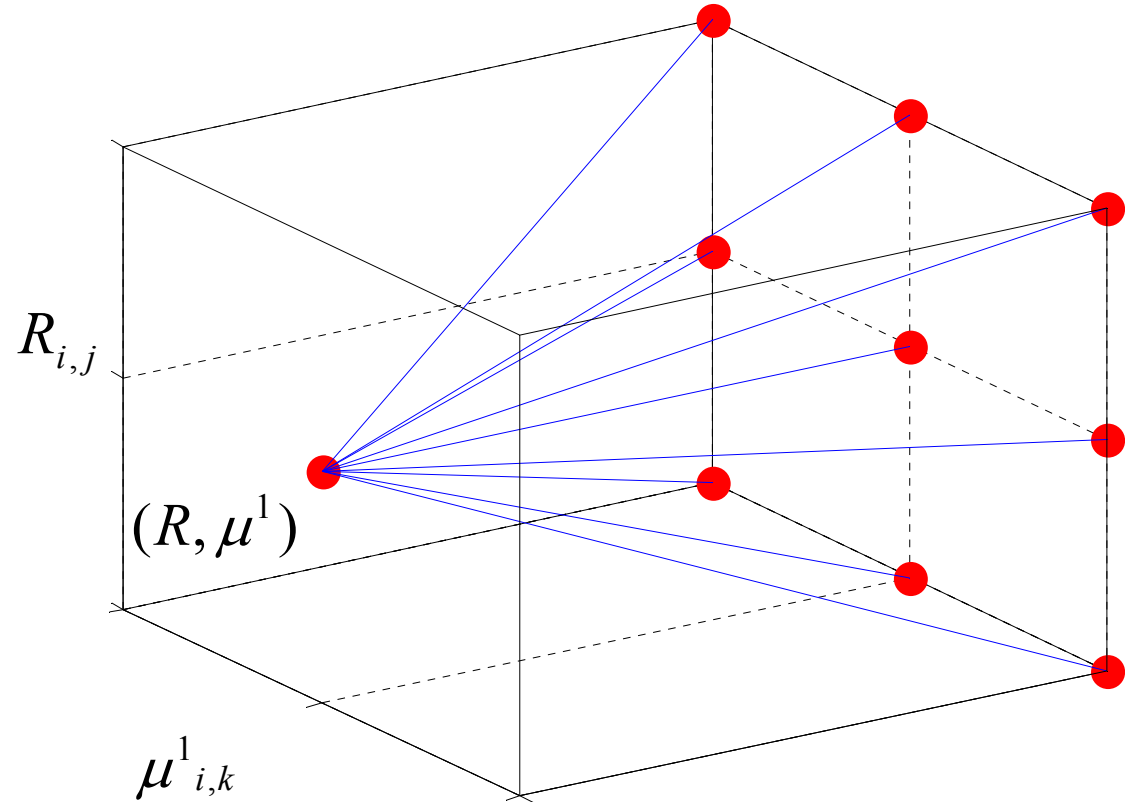
Capital económico.

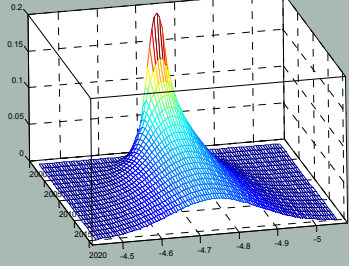
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor Estimación Pasivo

- La implementación en árbol trinomial recombinante a partir de los árboles de tipos de interés y tanto de mortalidad, tendrá la siguiente configuración:





# Opcionalidades implícitas (Capital convertible en renta vitalicia)

Capital disponible.

**Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.**

Margen de riesgo.

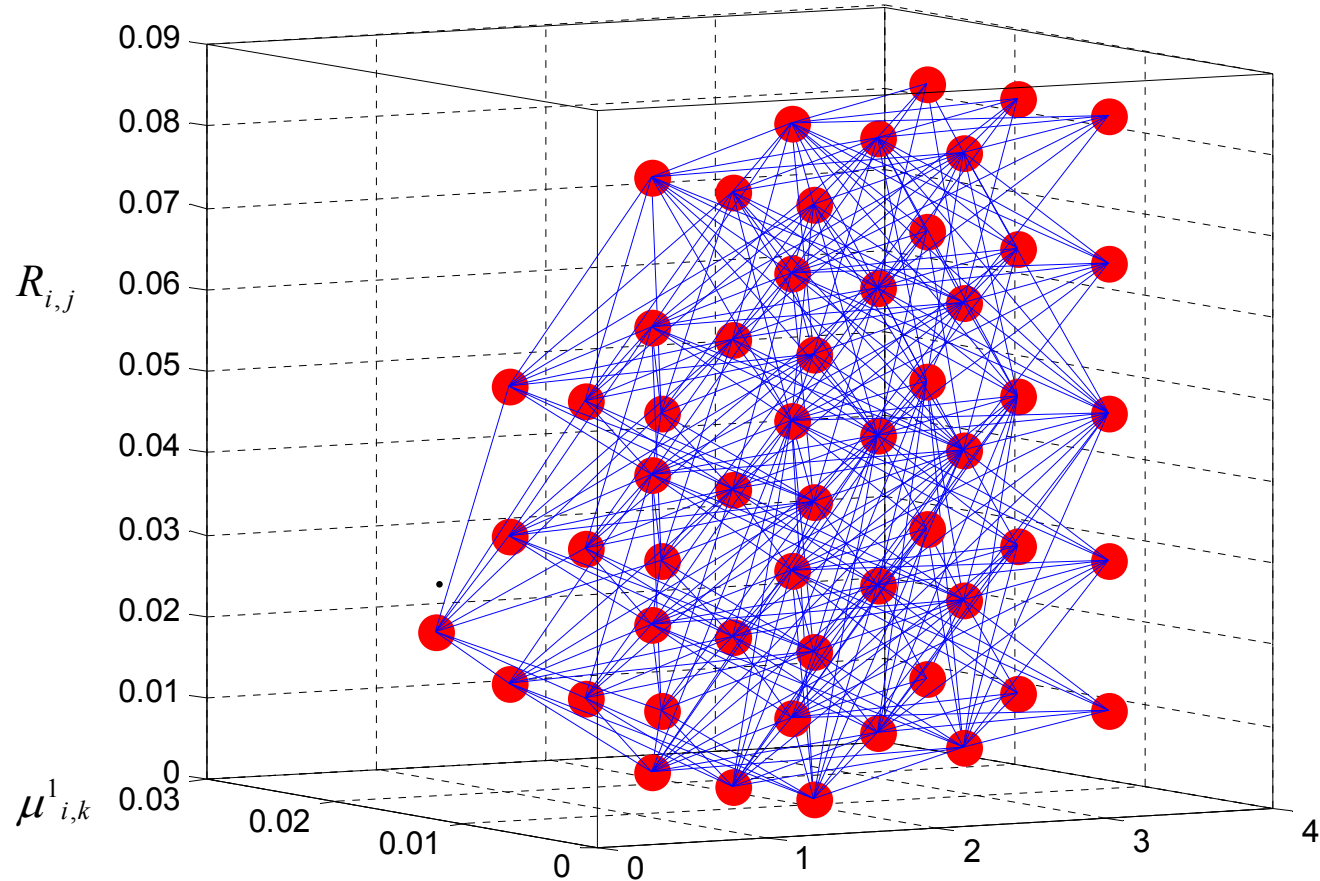
Capital económico.

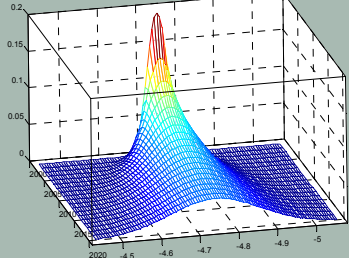
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Mejor Estimación Pasivo

- La opción de conversión del Capital Diferido en renta vitalicia, se obtiene implícitamente y de forma iterativa, descontando y acumulando en función de la mejor situación para el Tomador, derivada de cada escenario y de su probabilidad de ocurrencia.





# Margen de riesgo.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

## Margen de riesgo.

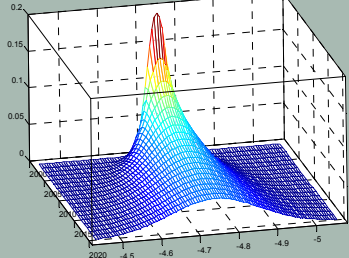
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.







# Margen de riesgo.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

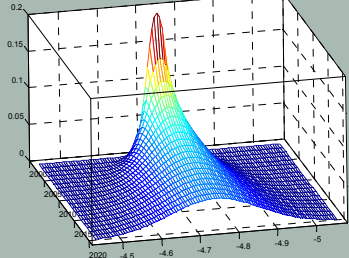
## Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.





# Margen de riesgo.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

**Margen de riesgo.**

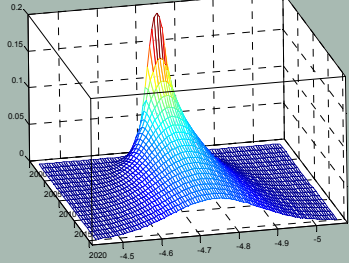
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Margen  
Riesgo**

- Si bien la tasa de descuento y otras hipótesis o riesgos financieros ya incorporan implícitamente una prima de riesgo de mercado, no tenemos un equivalente en otras hipótesis o riesgos actuariales.
- Para incorporar esta prima de riesgo de mercado, el CEIOPS ha propuesto el Margin Value Market (MVM), cuya finalidad es incorporar un margen explícito para los riesgos no inmunizables a partir del mercado.
- Los planteamientos iniciales consideraban dos alternativas:
  - Método de los percentiles (enfoque australiano).
  - Método del coste del capital (enfoque suizo).



# Margen de riesgo.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

**Margen de riesgo.**

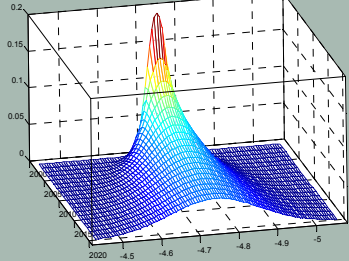
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Margen  
Riesgo**

- El método de los percentiles consiste en considerar el MVM, como la diferencia entre la mejor estimación y el percentil 75 (ó 90), respecto a las magnitudes no inmunizables.
- El método del coste del capital (CoC), supone identificar el MVM con el valor actual (al tipo libre de riesgo) del coste del capital regulatorio necesario para cubrir los riesgos no inmunizables, hasta el vencimiento del último contrato en cartera. El capital regulatorio vendría remunerado aproximadamente en un 6% adicional al tipo libre de riesgo.



# Margen de riesgo.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo  
de Seguros de Vida.

## Margen de riesgo.

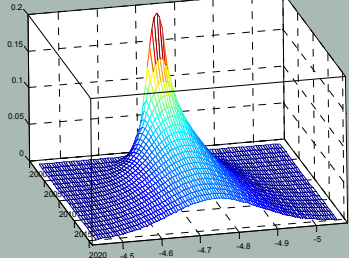
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

Margen  
Riesgo

- No existen argumentos para considerar que el margen derivado del método de los percentiles, sea consistente con el mercado.
- En cambio el método del CoC, podría considerarse como la compensación que un tercero exigiría para hacer frente a los requerimientos de capital regulatorio.



# Margen de riesgo.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

**Margen de riesgo.**

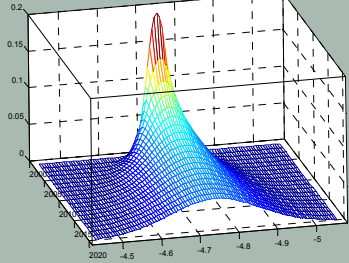
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Margen  
Riesgo**

- Finalmente la presión del CEA y el CFO Forum, entre otros, ha ocasionado que el CEIOPS se decante por el método del CoC.
- Este método implica estimar el capital económico necesario para cubrir los riesgos no inmunizables, para todos los períodos hasta la extinción de la cartera. En la práctica y dada la dificultad de esto último, habrá que adoptar algún criterio sensato pero factible.
- Podríamos por ejemplo, considerar que la proporción, que el capital económico estimado para los riesgos no inmunizables a la fecha de valoración, representa, sobre los flujos de caja realistas proyectados, se mantiene para todos los períodos.



# Capital económico.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

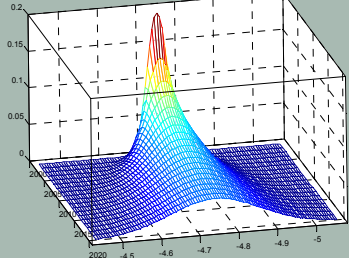
Margen de riesgo.

**Capital económico.**

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.





# Capital económico

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

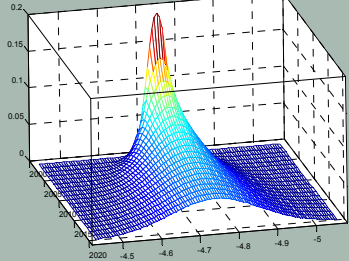
Margen de riesgo.

**Capital económico.**

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.





# Capital económico

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

**Capital económico.**

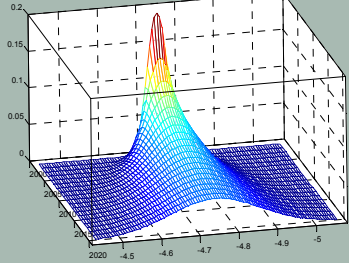
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital  
Económico**

- Lo podemos definir cómo la cantidad de fondos propios necesarios para anular prácticamente la probabilidad de ruina de la Aseguradora, en el plazo de un año.
- La medida del riesgo y el intervalo de confianza han dado que hablar y aún no está cerrado. Los planteamientos son el Expected Shortfall (o Tail VaR) al 99%, o el VaR al 99,5%.





# Capital económico

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

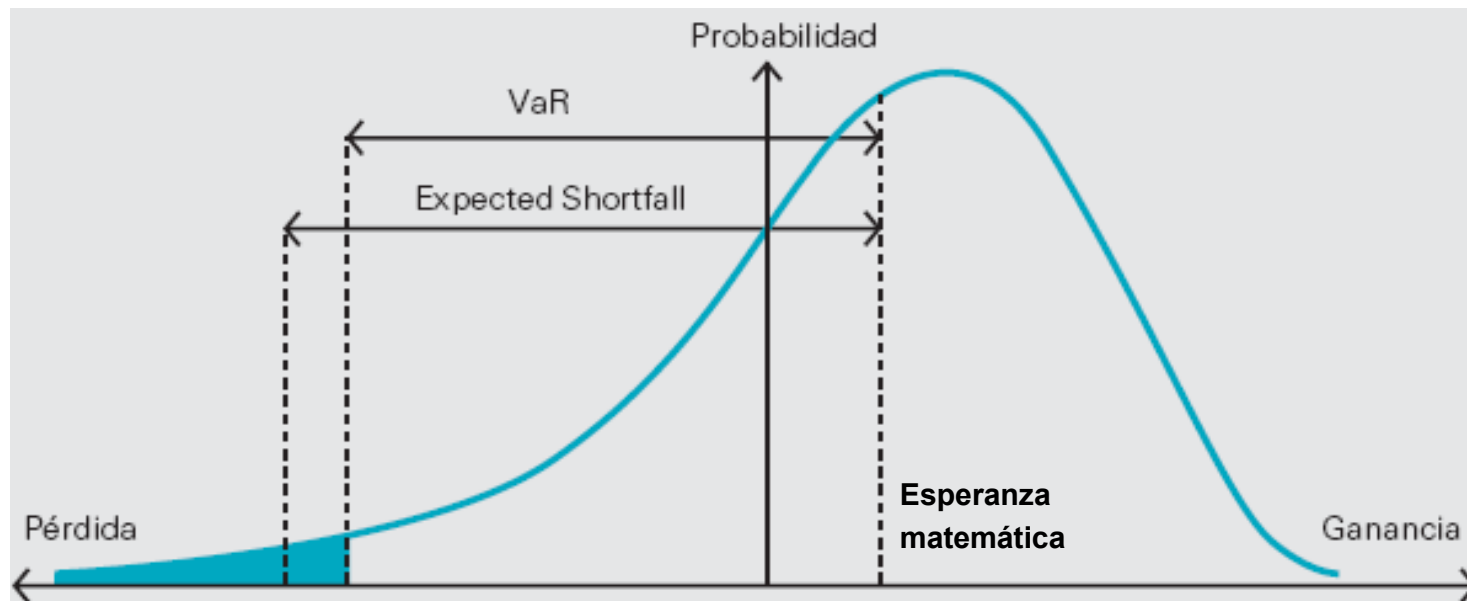
Margen de riesgo.

**Capital económico.**

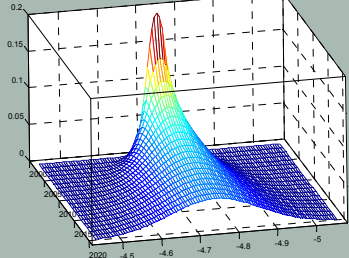
- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**



Resultados proyectados dentro de un año, atendiendo a los riesgos a los que la aseguradora se halla expuesta, y considerando los activos y pasivos a valor de mercado.



# Capital económico (fórmula estándar)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

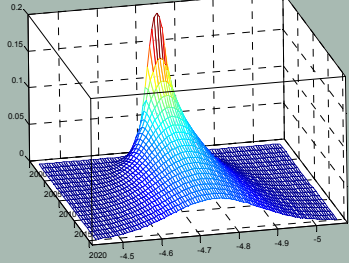
**Capital económico.**

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital  
Económico**

- Para la determinación del capital económico se establecen dos tipos de modelos:
  - Fórmula estándar.
  - Modelos internos.
- La fórmula estándar aún no está cerrada, existiendo además varios planteamientos:
  - Fórmula basada en factores.
  - Simulación de escenarios,
  - ...
- En cuanto a las ventajas de la fórmula estándar podemos destacar:
  - sencillez de uso y
  - economía de medios.



# Capital económico (modelos internos)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

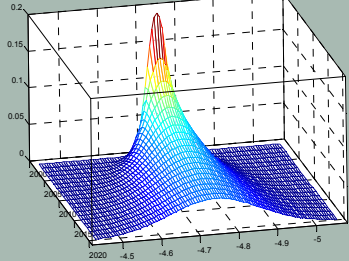
**Capital económico.**

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital  
Económico**

- Respecto a los modelos internos, tenemos que previamente a su aplicación han de estar aprobados por el Supervisor.
- Entre las ventajas de un modelo interno podemos destacar que:
  - Mide los riesgos según la experiencia propia.
  - Proporciona la base para una gestión efectiva de los riesgos.
  - Posibilita evaluar la eficiencia de los mitigadores de riesgo.
  - Menos requisitos de capital.



# Capital económico (modelos internos)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

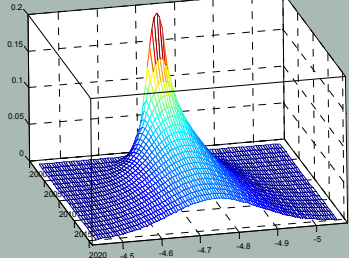
**Capital económico.**

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital  
Económico**

- En cuanto a la determinación del capital económico mediante modelos internos, podríamos adoptar dos enfoques:
  - De abajo arriba.
  - De arriba abajo.
- El enfoque de abajo arriba, consiste en llevar a cabo stress test respecto a cada riesgo de forma individual, para posteriormente agregar la carga de capital individual con la finalidad de determinar el capital requerido agregado.
- El enfoque de arriba abajo, consiste en construir un modelo de riesgo estocástico que combine los riesgos de forma simultánea, de manera que la obtención de la distribución del capital requerido es inmediata.



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

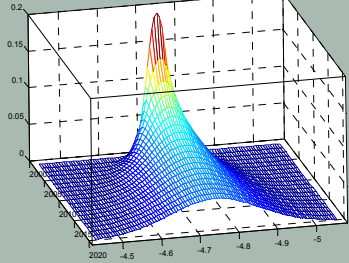
- **Medición de cada subriesgo.**

- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital  
Económico**

- Si nos centramos en el subriesgo de suscripción Vida, a su vez dividimos en:
  - Aumento de la mortalidad por un año.
  - Aumento gradual de la mortalidad
  - Incertidumbre de la mortalidad.
  - Longevidad.
  - Volatilidad.
  - Caídas.
  - Gastos



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

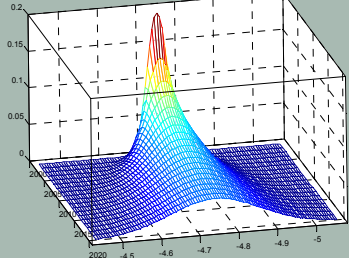
Capital económico.

- **Medición de cada subriesgo.**
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**

- **Aumento de la mortalidad por un año.**
  - Sin considerar cambios en las expectativas de mortalidad de los años venideros.
  - Podría estar causado por un brote de enfermedad infecciosa y letal. Ej. Epidemia de gripe española de 1918.
  - Para medir este riesgo hay que analizar la probabilidad de ocurrencia de una pandemia, así cómo las consecuencias que esta tendría en la mortalidad.
  - Algunas opiniones expertas hablan de un incremento aproximado en todas las edades de entre un 1 y el 2 por mil.



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

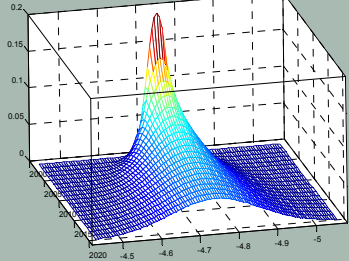
Capital económico.

- **Medición de cada subriesgo.**
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**

- **Aumento gradual de la mortalidad.**
  - Considera el incremento en las probabilidades de fallecimiento a largo plazo.
  - Se podría deber por ejemplo a un cambio en las costumbres de la población. Ej. Obesidad debida a la comida rápida, etc.
- **Incertidumbre de la mortalidad.**
  - Riesgo de desconocimiento de la mortalidad futura debido a su ajuste a partir de fuentes poco fiables o abundantes.
- **Longevidad.**
  - Incremento en las probabilidades de supervivencia a largo plazo.



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

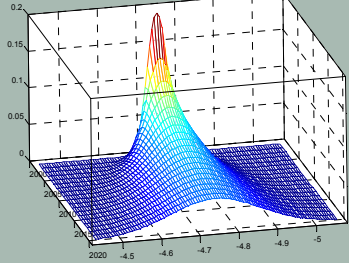
- **Medición de cada subriesgo.**
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital  
Económico**

- Los riesgos anteriores proporcionan a la aseguradora un riesgo técnico sistemático, o de desconocimiento de la prestación esperada.
- El aumento de la mortalidad ocasiona más prestaciones en Seguros de Vida – Riesgo y menos prestaciones en Seguros de Vida - Ahorro (capitales diferidos y rentas).
- Este riesgo se puede diversificar con carteras compensadas de Vida – Riesgo y Vida – Ahorro.
- Para analizarlo, volvemos a nuestro ajuste de tablas de mortalidad para la población andaluza.





# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- **Medición de cada subriesgo.**

- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**

- Tenemos que el modelo de Lee – Carter (1992) ajustado considera la función:

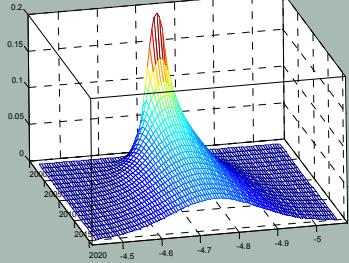
$$\ln(q_{x,y}) = a_x + b_x \cdot k_y + \varepsilon'_{x,y}$$

donde,  $a_x$  y  $b_x$ , dependen de la edad, siendo,  $b_x$ , quien captura la dinamicidad del proceso. El término,  $k_y$ , engloba las características generales de la mortalidad en el año,  $y$ .

- Para este término ha ajustado bien un modelo ARIMA(0,1,0), con constante negativa cuya expresión es

$$k_y = k_{y-1} + c + \varepsilon_y$$

donde,  $\varepsilon_y$ , es ruido blanco, es decir,  $\varepsilon_y \approx N(0, \sigma_y)$



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

■ **Medición de cada subriesgo.**

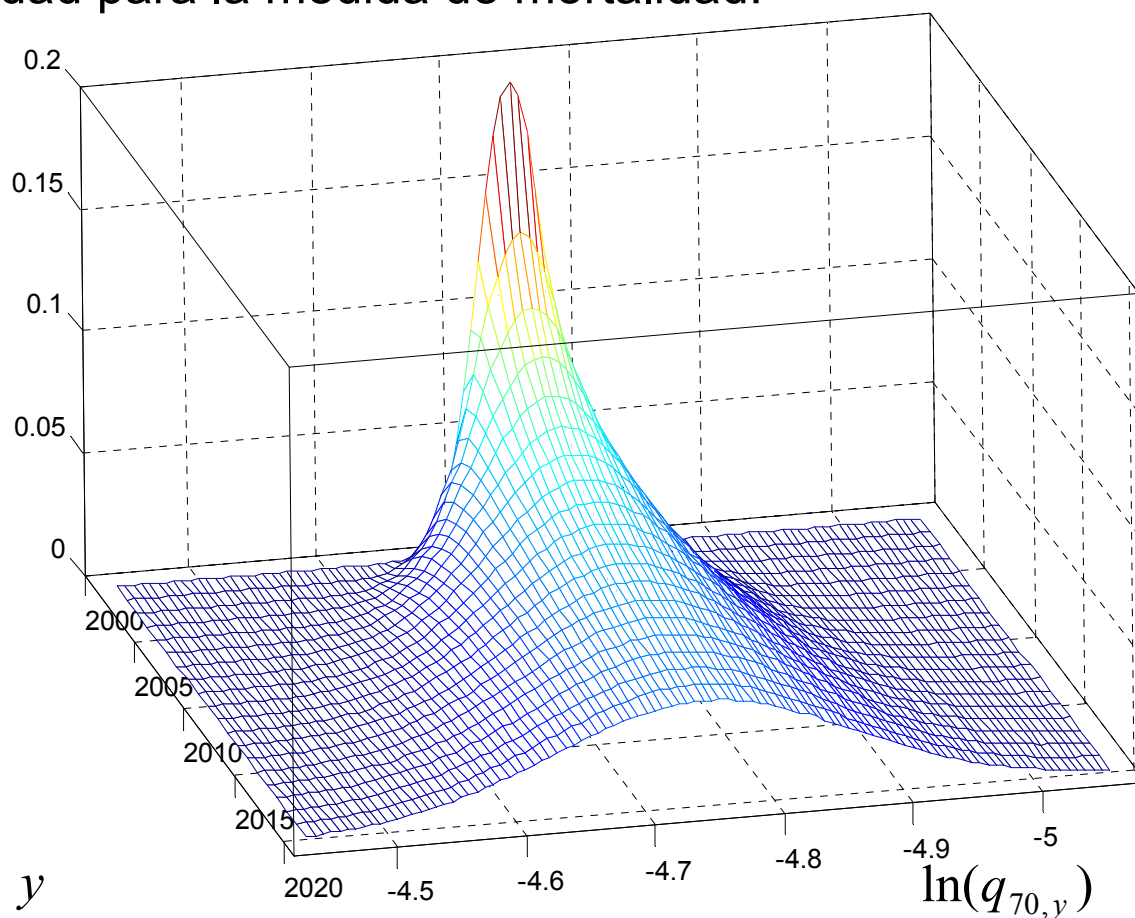
■ Agregación de riesgos.

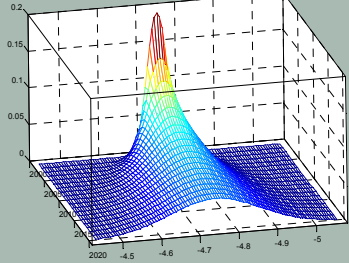
Pasos.

**Capital Económico**

- A partir de la normal anterior y para una mujer andaluza de 70 años de edad en el futuro, obtenemos la siguiente distribución de probabilidad para la medida de mortalidad:

$$\Pr[\ln(q_{70,y})]$$





# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

■ **Medición de cada subriesgo.**

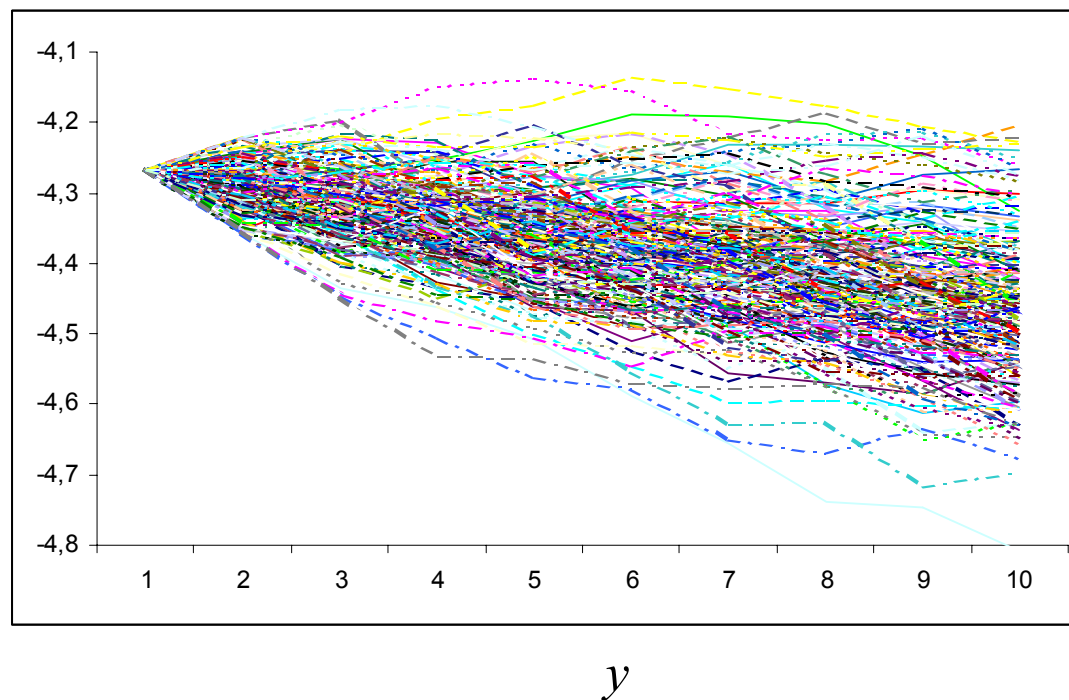
■ Agregación de riesgos.

Pasos.

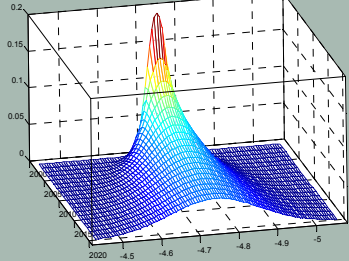
**Capital Económico**

- Podríamos simular a partir de la anterior distribución, la medida de fallecimiento futura, obteniendo para 256 trayectorias

$$\ln(q_{70,y})$$



- A partir de la simulación de escenarios obtenemos la distribución de probabilidad del BEL para dentro de un año así cómo de las prestaciones abonadas.



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

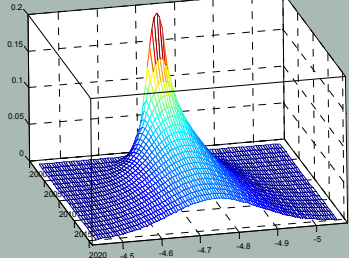
- **Medición de cada subriesgo.**
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**

## ■ VOLATILIDAD.

- Este riesgo se concreta en el horizonte de un año.
- Una vez conocida la mortalidad esperada, la mortalidad real fluctuará alrededor de la primera.
- Esto provoca a la aseguradora el riesgo técnico no sistemático. Este es diversificable al incrementar el tamaño de la aseguradora.
- Si bien podríamos considerar a partir de la mortalidad esperada una simulación por Montecarlo, la IAA propone la aproximación Normal Power, a partir de los tres primeros momentos de la distribución de Poisson Compuesta. Con mucha menos carga computacional.



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- **Medición de cada subriesgo.**

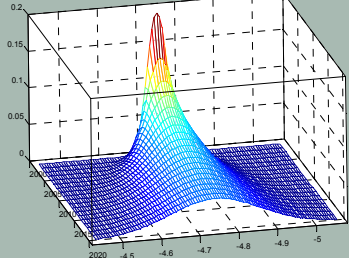
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**

## ■ CAIDA.

- Se refiere a la alteración de los compromisos de la aseguradora debida a otros derechos adquiridos por los Tomadores de las Pólizas.
- El Tomador puede rescatar, reducir, rehabilitar una Póliza reducida, solicitar anticipo, ...
- Se podría estudiar el comportamiento del Tomador en base a información histórica, con la finalidad de establecer un modelo estadístico.
- El riesgo vendría determinado a partir de la volatilidad observada.



# Medición de cada subriesgo (suscripción Vida)

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- **Medición de cada subriesgo.**

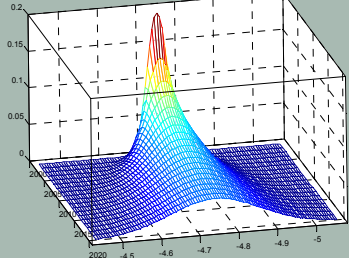
- Agregación de riesgos.

Pasos.

**Capital Económico**

## ■ GASTOS.

- Este es el riesgo de que los gastos previstos en la determinación del BEL resulten insuficientes para los realmente incurridos.
- Para analizar el riesgo de inflación de gastos, algunos expertos proponen el Análisis de Componentes Principales.
- Esta técnica consiste en transformar un número de variables potencialmente correladas en un número menor de variables no correladas llamadas componentes principales.
- La curva de inflación vendría explicada en su mayor parte por los primeros componentes principales.



# Agregación de riesgos.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

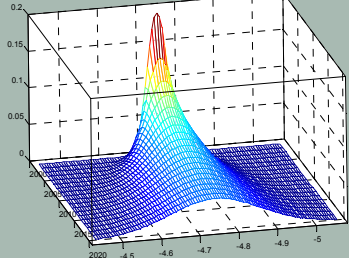
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- **Agregación de riesgos.**

Pasos.

**Capital  
Económico**

- Un enfoque de arriba abajo no requeriría de una agregación. No obstante su aplicación práctica cuenta con enormes complicaciones.
- Lo habitual es un enfoque de abajo arriba, con lo cual una vez determinada la carga de capital para cada subriesgo, es necesaria su agregación.
- Tendríamos dos posibilidades:
  - Matriz de correlaciones.
  - Teoría de cópulas.



# Agregación de riesgos.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- **Agregación de riesgos.**

Pasos.

**Capital Económico**

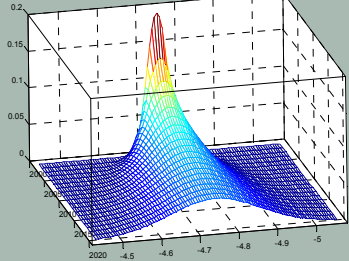
- La agregación de riesgos mediante una matriz de correlaciones se llevaría a cabo como sigue

$$BSCR = \sqrt{[SR_1 \ SR_2 \ \dots \ SR_n] \times M_{n \times n} \times \begin{bmatrix} SR_1 \\ SR_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ SR_n \end{bmatrix}}$$

$SR_n$  = capital requerido para subriesgo n

$M_{n \times n}$  = Matriz de correlación entre los subriesgos





# Agregación de riesgos.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- **Agregación de riesgos.**

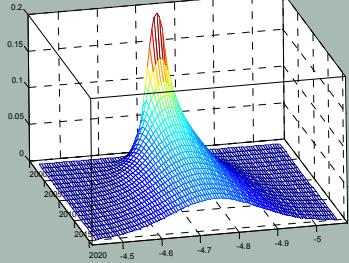
Pasos.

**Capital Económico**

- En cuanto a la teoría de cópulas, tenemos que una n-dimensional cópula,  $C$ , es una n-dimensional función de distribución con distribución marginal uniforme. La estructura de dependencia entre los riesgos  $SR_1, SR_2, \dots, SR_n$  se halla descrita por  $C$ , si la función de distribución  $F$  de estos riesgos viene dada por

$$F(SR_1, SR_2, \dots, SR_n) = C(F_1(SR_1), F_2(SR_2), \dots, F_n(SR_n))$$

donde  $F_i$  denota la distribución marginal de  $SR_i$ .



# Agregación de riesgos.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

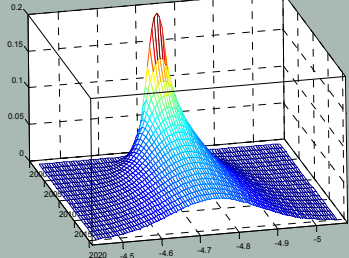
Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- **Agregación de riesgos.**

Pasos.

**Capital Económico**

- Si bien la aplicación de la teoría de cópulas se complica enormemente respecto al uso de la matriz de correlaciones, tenemos que:
  - La última considera distribución normal de cada subriesgo. Sin embargo:
  - La distribución de pérdidas es usualmente asimétrica y de cola gruesa.
  - La dependencia entre subriesgos incrementa normalmente en las colas.



# Pasos.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo de Seguros de Vida.

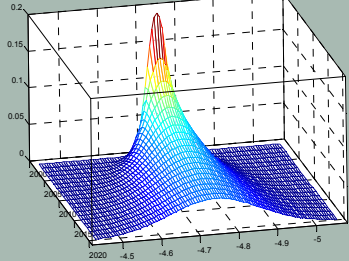
Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

**Pasos.**

- El nuevo panorama plantea todo un reto para las Aseguradoras y sus profesionales.
- La inversión en formación, minorará con toda probabilidad los requerimientos de capital en el futuro.
- Los modelos internos requerirán además del dominio de técnicas cuantitativas y actuariales, un exhaustivo conocimiento del negocio propio.
- Para validar un modelo interno el supervisor comprobará no sólo su calidad estadística y adecuada calibración, sino también que la Aseguradora aplica los resultados del modelo interno en su gestión y administración.



## Pasos.

Capital disponible.

Mejor estimación del pasivo  
de Seguros de Vida.

Margen de riesgo.

Capital económico.

- Medición de cada subriesgo.
- Agregación de riesgos.

**Pasos.**

- Buena parte de las aseguradoras españolas ya usan técnicas cuantitativas para su gestión. En estos casos alinear sus modelos según los requerimientos que establezca Solvencia II, será siempre más sencillo.
- Las demás deberían llevar a cabo una reorganización interna para hacer realidad un sistema de control interno efectivo y una gestión de riesgos integral y real.
- Como se expuso ampliamente en la jornada internacional sobre Solvencia II del 30 de noviembre 2006, los que esperen al BOE no llegarán nunca.

# Gracias

