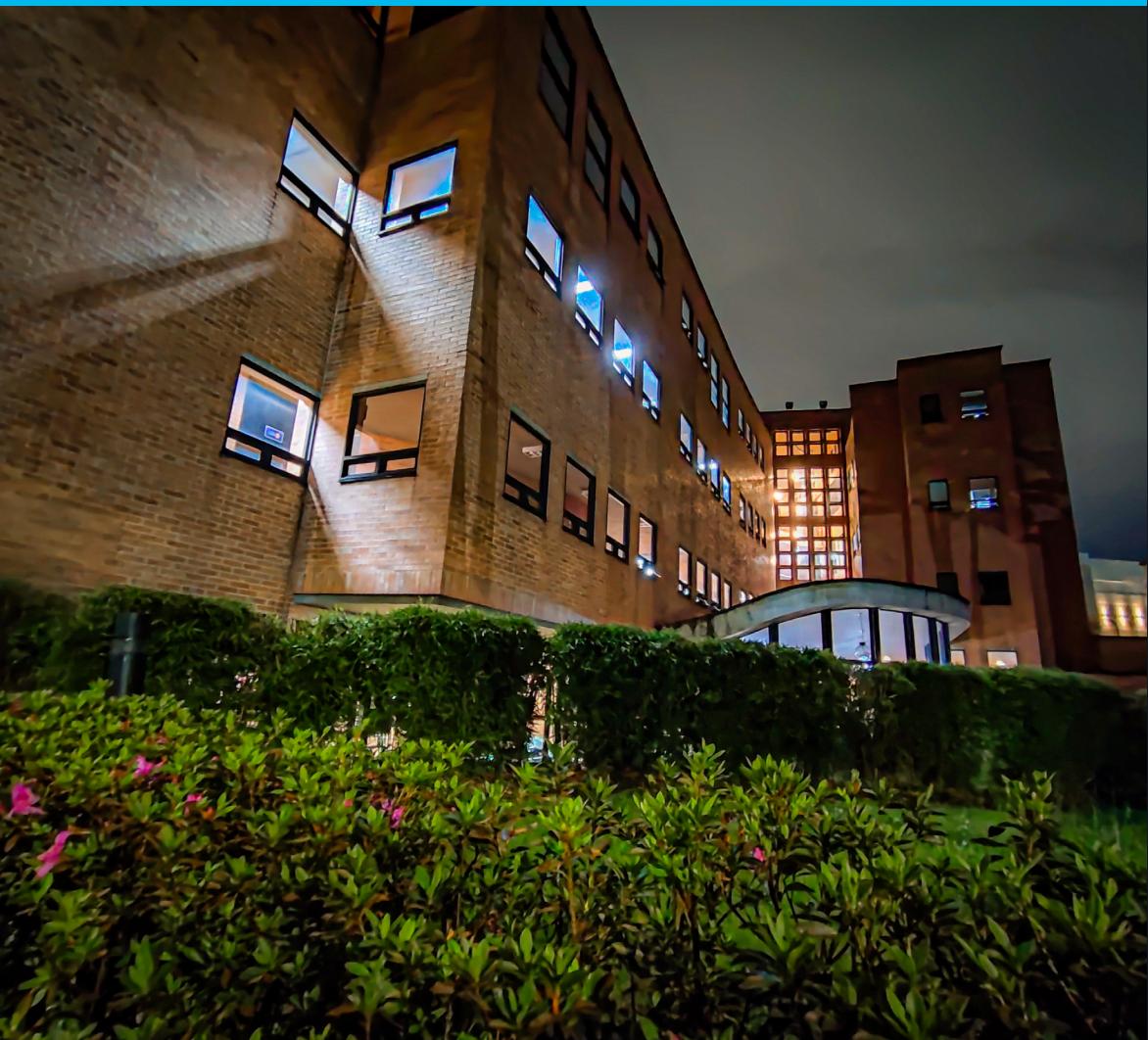


94

CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772



Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ASESORES EXTERNOS**COMITÉ CIENTÍFICO****Ernesto Cárdenas**

Pontificia Universidad Javeriana-Cali

José Félix Cataño

Universidad de los Andes

Philippe De Lombaerde

NEOMA Business School y UNU-CRIS

Edith Klimovsky

Universidad Autónoma Metropolitana de México

José Manuel Menudo

Universidad Pablo de Olavide

Gabriel Misas

Universidad Nacional de Colombia

Mauricio Pérez Salazar

Universidad Externado de Colombia

Fábio Waltenberg

Universidade Federal Fluminense de Rio de Janeiro

EQUIPO EDITORIAL**Daniela Cárdenas**

Karen Tatiana Rodríguez

Frank Morales Durán

Estudiante auxiliar

Proceditor Ltda.Corrección de estilo, armada electrónica,
finalización de arte, impresión y acabados

Tel. 757 9200, Bogotá D. C.

Luis Tarapuez - Equipo de comunicaciones FCE

Fotografía de la cubierta

Indexación, resúmenes o referencias en**SCOPUS****Thomson Reuters Web of Science**

(antiguo ISI)-Scielo Citation Index

ESCI (Emerging Sources Citation Index) - Clarivate Analytics

EBSCO

Publindex - Categoría B - Colciencias

SciELO Social Sciences - Brasil

RePEc - Research Papers in Economics

SSRN - Social Sciences Research Network

EconLit - Journal of Economic Literature

IBSS - International Bibliography of the Social Sciences

PAIS International - CSA Public Affairs Information Service

CLASE - Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades

Latindex - Sistema regional de información en línea

HLAS - Handbook of Latin American Studies

DOAJ - Directory of Open Access Journals

CAPES - Portal Brasileiro de Información Científica

CIBERA - Biblioteca Virtual Iberoamericana España / Portugal

DIALNET - Hemeroteca Virtual

Ulrich's Directory

DOTECH - Documentos Técnicos en Economía - Colombia

LatAm-Studies - Estudios Latinoamericanos

Redalyc

Universidad Nacional de Colombia

Carrera 30 No. 45-03, Edificio 310, primer piso

Correo electrónico: revcuaeo_bog@unal.edu.co

Página web: www.ceconomia.unal.edu.co

Teléfono: (571)3165000 ext. 12308, AA. 055051, Bogotá D. C., Colombia

Cuadernos de Economía Vol. 44 No. 94 - 2025

El material de esta revista puede ser reproducido citando la fuente.
El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores y no
compromete de ninguna manera a la Escuela de Economía, ni a la
Facultad de Ciencias Económicas, ni a la Universidad Nacional de
Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**Rector**

Leopoldo Alberto Múnera Ruiz

Vicerrectora Sede Bogotá

Andrea Carolina Jiménez Martín

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**Decana**

Liliana Alejandra Chicaiza Becerra

ESCUELA DE ECONOMÍA**Director**

Óscar Arturo Benavídez González

VICEDECANATURA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

Hernando Bayona Rodríguez

**CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO
- CID**

Carlos Osorio Ramírez

**DOCTORADO Y MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS
Y PROGRAMA CURRICULAR DE ECONOMÍA****Coordinador**

Mario García Molina

CUADERNOS DE ECONOMÍA**EDITOR**

Gonzalo Cómita

Universidad Nacional de Colombia

CONSEJO EDITORIAL**Matías Vernengo**

Bucknell University

Liliana Chicaiza

Universidad Nacional de Colombia

Paula Herrera Idárraga

Pontificia Universidad Javeriana

Juan Miguel Gallego

Universidad del Rosario

Mario García Molina

Universidad Nacional de Colombia

Iván Hernández

Universidad de Ibagué

Iván Montoya

Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Juan Carlos Moreno Brid

Universidad Nacional Autónoma de México

Manuel Muñoz Conde

Universidad Nacional de Colombia

Noemí Levy

Universidad Nacional Autónoma de México

Esteban Pérez Caldentey

Universidad de Pittsburgh

María Juanita Villaveces

Universidad Nacional de Colombia

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia.

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

- **Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciatario. Si utiliza parte o la totalidad de esta investigación tiene que especificar la fuente.
- **No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por la ley no se ven afectados por lo anterior.



El contenido de los artículos y reseñas publicadas es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista u opinión de la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas o de la Universidad Nacional de Colombia.

The content of all published articles and reviews does not reflect the official opinion of the Faculty of Economic Sciences at the School of Economics, or those of the Universidad Nacional de Colombia. Responsibility for the information and views expressed in the articles and reviews lies entirely with the author(s).

ARTÍCULO

ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE TASA DE INTERÉS EN EL SECTOR ASEGUADOR: APLICACIÓN DEL MODELO SMITH-WILSON

Mónica Arango Arango

Luis Montes Gómez

Ana Fernández Duque

Horacio Fernández Castaño

Arango Arango, M., Montes Gómez, L., Fernández Duque, A., & Fernández Castaño, H. (2025). Estimación del riesgo de tasa de interés en el sector asegurador: aplicación del modelo Smith-Wilson. *Cuadernos de Economía*, 44(94), 457-477.

Las aseguradoras están expuestas al riesgo de tasa de interés, puesto que puede existir una diferencia entre la rentabilidad de las inversiones y las tasas con las que

M. Arango Arango

Universidad de Medellín y Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia).

Correo electrónico: moarango@udemedellin.edu.co

L. Montes Gómez

Universidad de Medellín, Medellín (Colombia). Correo electrónico: lfmontes@udemedellin.edu.co

A. Fernández Duque

SURA, Medellín (Colombia). Correo electrónico: afernandezd24@hotmail.com

H. Fernández Castaño

Universidad de Medellín, Medellín (Colombia). Correo electrónico: hfernandez@udemedellin.edu.co

Sugerencia de citación: Arango Arango, M., Montes Gómez, L., Fernández Duque, A., & Fernández Castaño, H. (2025). Estimación del riesgo de tasa de interés en el sector asegurador: aplicación del modelo Smith-Wilson. *Cuadernos de Economía*, 44(94), 457-477. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v44n94.105879>

Este artículo fue recibido el 17 de noviembre de 2022, ajustado el 1º de febrero de 2024 y su publicación aprobada el 28 de febrero de 2024.

se valora la obligación financiera para a los clientes. La metodología de Smith-Wilson permite determinar las tasas a las que, en el tramo descalzado, se puedan invertir a futuro los excedentes de liquidez de los agentes económicos. En el estudio de caso se estiman las curvas en tasa nominal y real, las cuales permiten determinar la provisión para que las aseguradoras optimicen su gestión de activos y pasivos, en el contexto de las rentas vitalicias.

Palabras clave: tasas de interés; aseguradoras; productos de vida; reserva. matemática; modelo Smith Wilson.

JEL: CO2, E43, G22, I13.

Arango Arango, M., Montes Gómez, L., Fernández Duque, A., & Fernández Castaño, H. (2025). Estimation of interest rate risk in the insurance sector: Application of the Smith-Wilson model. *Cuadernos de Economía*, 44(94), 457-477.

Insurance companies are exposed to interest rate risk, as there may be a difference between the returns on investments and the rates at which financial obligations to clients are valued. The Smith-Wilson methodology allows for the determination of rates at which, in the unmatched segment, surplus liquidity from economic agents can be invested in the future. In the case study, the nominal and real rate curves are estimated, enabling the determination of provisions so that insurers can optimize their asset and liability management, particularly in the context of annuities.

Keywords: Interest rates; insurance; life products; mathematical reserve; Smith Wilson Model.

JEL: CO2, E43, G22, I13.

INTRODUCCIÓN

La dinámica a la que se exponen las compañías implica asumir una serie de riesgos acorde a su actividad económica. Específicamente la variabilidad en los precios de los activos financieros incentiva el estudio de la volatilidad de sus rentabilidades. Si bien estos factores son importantes, en la literatura se ha tratado de cuidar el papel que tienen los elementos estocásticos, ya que muchas veces no se reflejan de manera tan directa en los estados de resultados del corto plazo (Craine y Pierce, 1978).

En el caso de las compañías aseguradoras se realizan contratos que buscan la cobertura de posibles eventos de riesgos a los que están expuestos terceros, a cambio reciben pagos periódicos. Esto da origen a la emisión de un pasivo cuya incertidumbre está asociada al riesgo de tasa de interés. La transferencia del riesgo que asumen las compañías de seguros demanda el uso de vehículos financieros que permitan un reaseguro para ellas, de tal manera que se logre un equilibrio entre activos y pasivos, en especial cuando el entorno económico no es favorable.

Las compañías de seguros de vida o rentas vitalicias al momento de emisión de las pólizas no conocen con certeza el monto ni el plazo al vencimiento del producto, ya que su cálculo se basa en tablas de mortalidad, que reflejan finalmente las probabilidades de realizar desembolsos en términos de probabilidad de muerte de los asegurados. Adicionalmente, con el fin de provisionar los pagos futuros, se constituye la denominada reserva; las aseguradoras llevan dicho monto a su pasivo en valor actuarial. Sin embargo, las tasas de interés en el mercado generan incertidumbre, en consecuencia, lo ideal es invertir dichos recursos para así obtener un retorno superior, ya que es esencial para cumplir con los compromisos que se adquirieron con los clientes.

Con el fin de cubrir los pasivos que se tienen en los balances, las aseguradoras buscan cubrir el descalce (diferencia entre activo y pasivo) de manera positiva. De tal manera que los niveles patrimoniales presenten una sensibilidad controlada ante variaciones en la tasa de interés. Esta gestión implica costos adicionales para los accionistas, ya que la tasa de descuento de sus flujos de caja futuros serán diferentes a los pactados inicialmente. Ello se debe a la fuerte relación entre el rendimiento de las acciones de cada compañía y los movimientos que se presentan en las tasas de interés (Brewer *et al.*, 2007).

Basados en lo anterior se evidencia que la tasa de interés es el parámetro más importante para determinar el valor presente de las obligaciones con sus clientes, por lo que, movimientos de hasta 10 puntos básicos hacen que el patrimonio de la entidad aseguradora se vea altamente afectado, así como su capacidad de pago para con sus asegurados. De igual manera, un patrimonio muy alto también le genera presiones de capital a la compañía, por tener recursos ociosos (a un elevado costo) que no se requieren para cubrir las obligaciones. Este riesgo, también se materializa de acuerdo con el plazo pactado para el pago de los pasivos y el retorno esperado de las inversiones. La diferencia en los plazos depende del

comportamiento del mercado bursátil colombiano, en el cual los títulos de deuda, emitidos por diferentes compañías e incluso el mismo Gobierno colombiano, no superan 30 años de plazo al vencimiento. Mientras que, las rentas vitalicias que pueden tener un plazo al vencimiento de hasta 80 años.

El impacto que genera el desequilibrio de plazos entre los mercados de renta fija y de rentas vitalicias son mayores en el mercado colombiano, en comparación con los mercados internacionales. La justificación de esta evidencia se fundamenta en las restricciones normativas definidas por la Superintendencia Financiera de Colombia para realizar las inversiones que buscan respaldar las obligaciones financieras; a esto se suma, la baja profundidad del mercado de capitales en Colombia.

En el sector asegurador colombiano, al igual que en los demás países, se hace inminente el estudio del riesgo de tasa de interés para aquellas compañías que emiten seguros. Por un lado, cobra importancia para que las aseguradoras se encuentren preparadas ante movimientos adversos en las tasas y puedan optimizar su manejo de capital, pero aún más, entendiendo que independiente de las realidades de mercado por la que está pasando su portafolio, ellas deben cumplir las obligaciones con los clientes, ya que son compromisos pactados y por esto es importante la estimación de una reserva o provisión que le permita tener en todo momento el dinero suficiente para realizar el pago de sus obligaciones y no incurrir en la materialización de riesgos adicionales.

MARCO TEÓRICO

En el entorno internacional se han realizado investigaciones en las cuales se han medido la sensibilidad que tienen los rendimientos del sector financiero, reflejando que los precios de las acciones disminuyen significativamente cuando hay aumentos imprevistos en el nivel o en la pendiente de la curva de rendimiento. Los cambios inducidos parecen afectar las utilidades generadas, a través de disminuciones de márgenes y modificaciones en la composición de los balances bancarios (English *et al.*, 2018). Adicionalmente, la preocupación de los inversionistas ha llevado a que se utilicen modelos econométricos para medir el impacto de los movimientos en las curvas en las acciones, entre ellos, modelos que asumen varianza constante, tanto en los rendimientos de las acciones, como en los movimientos de las tasas de interés (Lloyd y Shick, 1997).

Instituciones internacionales definen el riesgo de tasa de interés como la probabilidad de incurrir en pérdidas de acuerdo con el cambio en el valor económico de los activos y los pasivos y lo que se conoce como el delta del *Net Asset Value*; las cuales se derivan de las fluctuaciones en el tipo de interés. De allí la necesidad de modelar la volatilidad, empleando herramientas de simulación y cuantificación por medio de los documentos de solvencia II, de acuerdo con los QIS (*Quantitative Impact Study*), que la Autoridad Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación (Eiopa por sus siglas en inglés) y el Comité de Supervisores

Europeos de Seguros y Planes de Pensiones (CEIOPS) generan como propuesta. QIS, Eiopa y CEIOPS consideran que las compañías podrían perder hasta el 37 % de los portafolios, en caso de no tener coberturas en sus portafolios en cuanto a términos de indexaciones, duraciones y monedas. Las aseguradoras con mayor nivel de inmunización tendrán una menor exposición al riesgo de tasa de interés (Cuesta Aguilar, 2011).

En casos de solvencia II, se introduce un modelo de administración basado en riesgos, valorando los activos y pasivos de las compañías bajo el concepto de valor económico, para proteger a los tomadores de pólizas. Además de cuantificar probables pérdidas para lograr estabilidad financiera en las compañías y conectar el capital de la compañía con los riesgos a los que está expuesta, en esa línea, se ofrecen incentivos para las compañías que mejor administren su situación de riesgo y capital (Asimit *et al.*, 2016).

Para lograr esto, se desarrolló un estudio de impacto cuantitativo llamado QIS 5 que se enfoca principalmente en establecer requerimientos de capital basados en riesgos (Asimit *et al.*, 2016). Finalmente, el estudio QIS 5 estableció que el cargo de capital surge de dos factores predeterminados: un choque ascendente y descendente en la estructura de plazos de las tasas de interés, combinadas con alteraciones en la volatilidad implícita, por medio del modelo Smith-Wilson para interpolación y extrapolación de tasas. Se entiende que, en algunas aseguradoras y países, la curva líquida llega hasta cierto punto de menor duración que la del pasivo, para finalmente tener el cargo por riesgo de tasa de interés, que se encuentra dado por la diferencia de capital entre ambos choques, diferenciando la posición actual, y las posiciones en escenarios de estrés (Eiopa, 2010).

En Latinoamérica, Chile es el único país que ha implementado la cuantificación del riesgo de tasa de interés como una norma, donde las compañías que tienen obligaciones vigentes de seguros de renta vitalicia deberán efectuar un análisis de la suficiencia de activos respecto a los pasivos, considerando flujos ajustados de acuerdo a los criterios que se señalan en la norma impartida por la Comisión para el Mercado Financiero y determinar si los flujos de activos son suficientes para el pago de los pasivos, considerando una tasa de interés futura (CMF, 2017).

La provisión que finalmente se constituye surge a partir de una identificación de flujos de activos de acuerdo con el tipo de instrumento y una identificación de los flujos del pasivo, que constituyen las rentas vitalicias. Luego, a partir de una construcción de curvas por medio de Smith-Wilson, que contienen una visión de mercado en el corto plazo, y la identificación de unos *tramos*, cuantifican en valor presente el cual podría ser la diferencia entre lo que hoy se tiene reservado y lo que se debería pagarse (CMF, 2017).

Adicional a la cuantificación del riesgo, dadas las características del pasivo, en el que son mucho más largos que la curva líquida que se encuentra en el mercado es necesario identificar cuáles metodologías se deben usar para la extrapolación de la curva de acuerdo con las realidades de mercado en la que se encuentre cada ase-

guradora. El marco europeo, solvencia II, se basa en que, en la práctica, la estructura apropiada de términos de tasas de interés libres de riesgo se construye a partir de un número finito de datos. Por lo tanto, se requiere tanto la interpolación entre estos puntos como la extrapolación más allá del último punto de datos disponible con suficiente liquidez. Además, configura la parte extrapolada de las estructuras de plazos de las tasas de interés considerando la tasa de cambio negociada y la tasa libre de riesgo de acuerdo con QIS5 (Eiopa, 2015).

La curva de rendimientos extrapolada refleja las condiciones actuales del mercado y al mismo tiempo incorpora puntos de vista económicos sobre cómo se espera que se comporten las tasas a largo plazo así, las técnicas de extrapolación macroeconómica asumen una tasa de interés de equilibrio a largo plazo (Priti, 2016). Con el enfoque de Smith-Wilson tanto en la interpolación (para los vencimientos en el final líquido de la estructura) como con la extrapolación se puede lograr una curva que refleje finalmente las tasas de interés del sector, tanto en el corto, como en el largo plazo, considerando la reinversión (Eiopa, 2015).

Modelo Smith-Wilson

Las estructuras temporales de tasas de interés generalmente intentan diseñar la curva en el largo plazo incluyendo el mayor grado de información que exista en el mercado. Varios modelos podrían predecir valores diferentes en las curvas y, por lo tanto, se podría dar lugar a diferentes perfiles de reservas y de solvencia que las compañías de seguros necesitan, sin embargo, en el marco de solvencia II, se privilegia en particular la interpolación y extrapolación de la estructura de tasas que se hace por medio del método de Smith-Wilson.

Dicho modelo es un enfoque macroeconómico, desarrollado para hacer extrapolaciones de curvas, considerando los puntos líquidos de la misma, un último nivel de tasa *forward* (UFR por sus siglas en inglés) y unos años de convergencia (Financial Supervisory Northway, 2010). Cuando se trata de interpolar, el método lo que hace es buscar un ajuste perfecto en toda la información entregada por los mercados financieros líquidos y al mismo tiempo tratar de mantener un movimiento fluido, sin embargo, cuando luego se trata de extrapolar, el modelo supone una tasa de equilibrio a largo plazo determinada (Magurean Laureanda, 2016).

Para realizar el método de extrapolación son necesarios los siguientes parámetros:

- *Ultimate Forward Rate* (UFR): es la suma compuesta de una tasa real esperada y de una tasa de inflación esperada en el largo plazo, de acuerdo con la economía de cada moneda. Esta tasa es calculada después de un último punto líquido del mercado (emisión de más largo plazo en la economía), en el que, por falta de liquidez en el mercado, no hay información hasta el último nodo de los pasivos y es determinado por Eiopa.
- Punto de convergencia: reflejan los años de convergencia a partir del último punto líquido, al que debe converger el UFR. Es decir, si el último punto

líquido es 30 años, y el punto de convergencia es 90 años, el UFR a partir de 30 años debe converger en el nodo de 60 años más, y es determinado igualmente por Eiopa.

- Velocidad de convergencia: el parámetro Alfa (α) controla la velocidad de convergencia del UFR al punto de convergencia anteriormente mencionado.

El problema de optimización propuesto por Smith y Wilson parte de la hipótesis de que el valor de mercado actual, que puede tener un activo con un flujo de caja único en el momento t , debe ser igual a los valores actuales calculados a través de una tasa de equilibrio a futuro, a la que convergen entonces las tasas de mercado observadas (UFR). Suponiendo que, a largo plazo, la curva que refleja las tasas de interés a futuro alcanzará asintóticamente el UFR, se agrega una corrección que tiende a cero cuando $t \rightarrow \infty$, por lo tanto, se puede escribir la siguiente ecuación (Magurean Laureanda, 2016).

$$\text{Valor presente de mercado} = \text{valor presente aplicando la UFR} \pm \text{corrección} \quad (1)$$

Como es sabido, la tasa de equilibrio refleja la parte ilíquida de la curva y hasta la fecha se ha definido como una entrada constante por Eiopa. Mientras que la corrección se debe hacer obteniendo la información de mercado proporcionada por la parte líquida. La fórmula utiliza la composición continua, por lo tanto $e^{-UFR \times t}$, y la función de fijación de tasas para los bonos cero cupón determinados con vencimiento t , según la propuesta de Smith y Wilson se expresa como:

$$P(t, m_j) = e^{-UFR \times t} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \times W(t, m_j), t \geq 0 \quad (2)$$

La función de Wilson, $W(t, m_j)$ es una función simétrica que requiere una reversión a la media predeterminada α , como dato de entrada, de manera que:

$$W(t, m_j) = \begin{cases} e^{-UFR \times (t+m_j)} [\alpha t - 0,5e^{-\alpha m_j} (e^{\alpha t} - e^{-\alpha t})], & t \leq m_j \\ e^{-UFR \times (t+m_j)} [\alpha m_j - 0,5e^{-\alpha t} (e^{\alpha m_j} - e^{-\alpha m_j})], & t > m_j \end{cases} \quad (3)$$

Lo cual es equivalente a escribir:

$$W(t, m_j) = e^{-UFR \times (t+m_j)} [\alpha \min(t, m_j) - 0,5e^{-\alpha \max(t, m_j)} (e^{\alpha \min(t, m_j)} - e^{-\alpha \min(t, m_j)})] \quad (4)$$

Donde:

N : número de bonos cero cupón con la función de precios conocidos.

P : precio de mercado de los bonos cero cupón

m_j , $j = 1, 2, \dots, N$: la maduración de los bonos cero cupón de los precios conocidos.

t : tiempo de maduración de la función de precio.

UFR : último nivel de tasa *forward* compuesta continuamente.

α : reversión a la media, que mide la velocidad de convergencia de la UFR.

ζ_j , $j = 1, 2, \dots, N$: parámetro para ajustar la curva de rendimiento actual.

El valor de la función Kernel puede considerarse como una variable determinística, ya que se origina a partir de datos observables, por lo que, en tal caso, dicha función es igual a la función conocida como Wilson:

$$Kernel_j(t) = W(t, m_j), \quad t \geq 0 \quad (5)$$

Esta función depende de los parámetros de entrada y de los datos de los bonos cero cupones de entrada. Para cada enlace de entrada se calcula una función de Kernel particular a partir de esta definición. La idea del modelo es evaluar la función $P(t)$ como una combinación lineal de todas las funciones de Kernel. Dicha expresión también se puede expresar en términos de la función seno hiperbólico, de la siguiente forma:

$$W(t, m_j) = e^{-UFR \times (t+m_j)} \left[\alpha \min(t, m_j) - e^{-\alpha \max(t, m_j)} \operatorname{senh} \left\{ \alpha \min(t, m_j) \right\} \right] \quad (6)$$

Como los ζ_j son los únicos parámetros desconocidos en el método, la técnica de Smith-Wilson propone establecer un sistema lineal de N funciones de descuento de acuerdo con la ecuación (2), una para cada bono cero cupones. Se define entonces el vector $\zeta = (\zeta_1 \ \zeta_2 \ \zeta_3 \dots \zeta_N)^T$, el cual se encuentra resolviendo el sistema de ecuaciones que resulta al hacer

$$(P(m_1) P(m_2) P(m_3) \dots P(m_N))^T = \left(e^{-UFR \times m_1} e^{-UFR \times m_2} e^{-UFR \times m_3} \dots e^{-UFR \times m_N} \right)^T + W\zeta \quad (7)$$

Donde:

$$W = \begin{bmatrix} W(m_1, m_1) & W(m_1, m_2) & \dots & W(m_1, m_N) \\ W(m_2, m_1) & W(m_2, m_2) & \dots & W(m_2, m_N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W(m_N, m_1) & W(m_N, m_2) & \dots & W(m_N, m_N) \end{bmatrix}$$

A partir de la ecuación 2, considerando el precio de los diferentes bonos cero cupones, se plantea el sistema de ecuaciones:

$$P(0, m_1) = e^{-UFR \times m_1} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \times W(t, m_1) \quad (8)$$

$$P(0, m_2) = e^{-UFR \times m_2} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \times W(t, m_2) \quad (9)$$

$$P(0, m_N) = e^{-UFR \times m_N} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \times W(t, m_N) \quad (10)$$

Para resolver el sistema de ecuaciones se supone que:

$$\mathbf{P} = (P(0, m_1) P(0, m_2) P(0, m_3) \dots P(0, m_N))^T \quad (11)$$

$$\mathbf{Z} = \left(e^{-UFR \times m_1} e^{-UFR \times m_2} e^{-UFR \times m_3} \dots e^{-UFR \times m_N} \right)^T \quad (12)$$

El sistema de ecuaciones se expresa de manera compacta como:

$$\mathbf{P} = \mathbf{Z} + \mathbf{W}\zeta \quad (13)$$

De manera que el vector ζ se halla haciendo:

$$\zeta = \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{P} - \mathbf{Z}) \quad (14)$$

Una vez determinado el vector ζ , es posible calcular el precio de un bono cero cupón, y a partir de este valor se pueden encontrar las tasas *Spot* utilizando la definición de precio del bono cero cupón mediante la expresión $\tilde{R}_t = -\frac{1}{t} \ln(P_t)$ para

tasas compuestas continuamente o $\tilde{R}_t = \left(\frac{1}{P_t} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$ si la capitalización es discreta.

La ecuación 2 es una aproximación no lineal por tramos de la estructura de términos de precios de cero cupón con nodos en $m_j, j = 1, 2, 3, \dots, N$. Cuando los coeficientes $\zeta_j, j = 1, 2, \dots, N$ son no negativos y el UFR es positivo se asegura una estructura de precios a largo plazo decreciente.

Se ve que: Si $t \leq m_j$ se tiene que

$$\begin{aligned} W_1(t, m_j) &= e^{-UFR \times (t+m_j)} \left[\alpha t - e^{-\alpha m_j} \left(\frac{e^{\alpha t} - e^{-\alpha t}}{2} \right) \right] \\ &= e^{-UFR \times (t+m_j)} [\alpha t - e^{-\alpha m_j} \operatorname{sen} h(\alpha t)] \end{aligned} \quad (15)$$

Derivando parcialmente con respecto a t se obtiene;

$$\frac{\partial W_1(t, m_j)}{\partial t} = e^{-UFR \times (t+m_j)} \left\{ \alpha - \alpha e^{-\alpha m_j} \cosh(\alpha t) - UFR [\alpha t - e^{-\alpha m_j} \operatorname{sen} h(\alpha t)] \right\} \quad (16)$$

Si $t > m_j$ se tiene que;

$$\begin{aligned} W_2(t, m_j) &= e^{-UFR \times (T+m_j)} \left[\alpha m_j - e^{-\alpha t} \left(\frac{e^{\alpha m_j} - e^{-\alpha m_j}}{2} \right) \right] \\ &= e^{-UFR \times (T+m_j)} [\alpha m_j - e^{-\alpha t} \operatorname{sen} h(\alpha m_j)] \end{aligned} \quad (17)$$

Derivando parcialmente con respecto a t se obtiene;

$$\frac{\partial W_2(t, m_j)}{\partial t} = e^{-UFR \times (t+m_j)} \left\{ \alpha e^{-\alpha t} \operatorname{sen} h(\alpha m_j) - UFR [\alpha m_j - e^{-\alpha t} \operatorname{sen} h(\alpha m_j)] \right\} \quad (18)$$

Ahora, si $\alpha > 0, m_j > 0; UFR > 0$, a largo plazo, se obtiene que $\frac{\partial W_1(t, m_j)}{\partial t} < 0$ si $t \leq m_j$ y además $\frac{\partial W_2(t, m_j)}{\partial t} < 0$ cuando $t > m_j$, por lo tanto, se puede concluir que la estructura de precios a largo plazo es decreciente.

El método Smith-Wilson se puede generalizar y aplicar a activos líquidos que producen varios flujos de efectivo en un tiempo previamente especificado. El valor presente de los flujos de efectivo puede calcularse utilizando la ecuación 2. Pero, para calcular la corrección, se debe definir una función de Kernel diferente. La nueva combinación lineal tiene en cuenta los flujos de efectivo; se define entonces $x_i = (x_{i1} x_{i2} x_{i3} \dots x_{iM})$ como el flujo de efectivo que proporciona un activo x_i .

La función Kernel para el i -ésimo activo se encuentra con la expresión:

$$k_i(t) = \sum_{j=1}^M x_{i,j} W(t, m_j), t \geq 0, j = 1, 2, \dots, M, i = 1, 2, \dots, N \quad (19)$$

Por lo tanto, al reemplazar en la expresión:

$$P(t, m_j) = e^{-UFR \times t} + \sum_{j=1}^N \zeta_j k_j(t), t \geq 0 \quad (20)$$

Se obtiene que el factor de descuento se expresa de manera general como:

$$P(0, m_j) = e^{-UFR \times m_j} + \sum_{i=1}^N \zeta_i \sum_{j=1}^M x_{i,j} W(t, m_j), t \geq 0 \quad (21)$$

El valor presente de mercado de un activo que genera los pagos $x_i = (x_{11} x_{12} x_{13} \dots x_{1M})$ en el tiempo $\{t : t_1, t_2, \dots, t_M\}$ se calcula descontando el flujo de efectivo con un factor de descuento conocido que depende del tiempo, $P(t, m_j)$, mediante la expresión:

$$\Omega_i = \sum_{j=1}^M x_{i,j} P(t, m_j), t \geq 0, i = 1, 2, \dots, N \quad (22)$$

Y al sustituir $P(0, m_j)$ se obtiene:

$$\begin{aligned} \Omega_i &= \sum_{j=1}^M x_{i,j} \left[e^{-UFR \times m_j} + \sum_{l=1}^N \zeta_l \sum_{k=1}^M x_{l,k} W(t_j, m_k) \right], \text{ es decir} \\ \Omega_i &= \sum_{j=1}^M x_{i,j} e^{-UFR \times m_j} + \sum_{j=1}^M x_{i,j} \sum_{l=1}^N \zeta_l \sum_{k=1}^M x_{l,k} W(t_j, m_k) \\ \Omega_i &= \sum_{j=1}^M x_{i,j} e^{-UFR \times m_j} + \sum_{l=1}^N \left[\sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^M x_{i,j} W(t_j, m_k) \right) x_{l,k} \right] \zeta_l \end{aligned} \quad (23)$$

Asignándole valores a $i = 1, 2, \dots, N$ se plantea el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\Omega_1 = \sum_{j=1}^M x_{1,j} e^{-UFR \times m_j} + \sum_{l=1}^N \left[\sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^M x_{1,j} W(t_j, m_k) \right) x_{l,k} \right] \zeta_l \quad (24)$$

$$\Omega_2 = \sum_{j=1}^M x_{2,j} e^{-UFR \times m_j} + \sum_{l=1}^N \left[\sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^M x_{2,j} W(t_j, m_k) \right) x_{l,k} \right] \zeta_l \quad (25)$$

.

.

$$\Omega_N = \sum_{j=1}^M x_{N,j} e^{-UFR \times m_j} + \sum_{l=1}^N \left[\sum_{k=1}^M \left(\sum_{j=1}^M x_{N,j} W(t_j, m_k) \right) x_{l,k} \right] \zeta_l \quad (26)$$

Se definen, así como antes, los vectores:

$$\Omega = (\Omega_1 \Omega_2 \Omega_3 \dots \Omega_N)^T \quad (27)$$

$$\zeta = (\zeta_1 \zeta_2 \zeta_3 \dots \zeta_N)^T, \quad (28)$$

$$P = (P(0, m_1) P(0, m_2) P(0, m_3) \dots P(0, m_M))^T \quad (29)$$

$$Z = \left(e^{-UFR \times m_1} e^{-UFR \times m_2} e^{-UFR \times m_3} \dots e^{-UFR \times m_M} \right)^T \quad (30)$$

y las matrices:

$$W = \begin{bmatrix} W(m_1, m_1) & W(m_1, m_2) & \dots & W(m_1, m_M) \\ W(m_2, m_1) & W(m_2, m_2) & \dots & W(m_2, m_M) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W(m_M, m_1) & W(m_M, m_2) & \dots & W(m_M, m_M) \end{bmatrix} X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1M} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{M1} & x_{M2} & \dots & x_{NM} \end{bmatrix}$$

Definidos estos vectores, el sistema de ecuaciones planteado se expresa en forma matricial como:

$$\Omega = XZ + (XWX^T)\zeta \quad (31)$$

el vector ζ se halla haciendo:

$$\zeta = (XWX^T)^{-1}(\Omega - XZ) \quad (32)$$

Encontrado el vector $\zeta = (\zeta_1 \zeta_2 \zeta_3 \dots \zeta_N)^T$, se sustituye en la función de fijación de precios $P(t, m_j)$ y se obtiene el valor de la función de descuento para todos los vencimientos y obviamente de la estructura para las tarifas de contado.

Curiosamente, la función Wilson es una función convergente con un máximo absoluto alcanzado antes del último punto líquido. Adicionalmente, gran parte de la función responde a una función exponencial por tramos, que históricamente ha sido útil cuando se modelan las tasas de interés.

Curvas representativas del mercado

Como se ha mencionado anteriormente, el modelo de Smith-Wilson sirve para extrapolar las curvas de tasas de interés más allá del último punto líquido que se conoce en la economía, con el fin de poder encontrar la curva de descuento óptima de las soluciones de largo plazo que tienen las aseguradoras. Sin embargo, es necesaria la construcción de las curvas de interés que representan de una mejor manera las oportunidades de inversión que hay en el mercado colombiano y construir la curva, tanto real, como nominal, hasta ese último punto líquido, para luego aplicar el método Smith-Wilson. En Colombia, actualmente, existe el cálculo de una curva de tasas de interés dentro de los nodos líquidos, que le permite a las aseguradoras constituir algunas reservas con dicho vector de tasas. Para efectos de este trabajo, se toma como referencia dicha composición de curva y se recalibra algunos de los parámetros que son necesarios dentro de la fórmula, buscando reflejar de una mejor manera la realidad de la aseguradora a estudiar.

El vector de tasas es definido para cada uno de los plazos (anuales) y se calcula como un promedio de las tasas de mercado de los títulos de deuda pública y privada, ponderados por la participación de cada uno de estos tipos de títulos en los activos que respaldan las reservas de las aseguradoras. De esta forma, el vector de deuda pública se define como la curva cero cupón de deuda pública colombiana en unidades de valor real (UVR) para reflejar el crecimiento inflacionario y el vector de deuda corporativa corresponde a la curva de bonos corporativos indexados a índice de precios al consumidor (IPC) con calificación AAA.

Ambas curvas son utilizadas como referente para proyectar las rentabilidades de los instrumentos financieros. La metodología también considera un último plazo líquido, definido como el plazo al vencimiento del título de tesorería en UVR (TES UVR) de más largo plazo emitido en el mercado, para este caso se considera el vencimiento a junio del 2049. Adicionalmente, es necesario considerar la curva en inflación implícita necesaria para valorar el poder adquisitivo dentro de las reservas (SFC Colombia, 2018). Los rendimientos de los activos que se usan para el cálculo son afectados por el riesgo de crédito, por ende, es necesario reconocer la probabilidad de materialización de dicho riesgo y limitar las pérdidas esperadas. Con base en lo anterior se define la siguiente fórmula para la curva en los plazos líquidos (SFC Colombia, 2018):

$$TMR_k = [P \times TDP_k] + [(1 - P) \times ((ER_k \times (1 - RC)) + TDP_k)] \quad (33)$$

Donde:

k : el nodo de la curva (años).

TDP_k : el rendimiento de la curva cero cupón de deuda pública en UVR para el plazo k .

P : la participación de la deuda pública (porcentaje que será calibrado de acuerdo con la realidad de la aseguradora en análisis).

ER_k : el rendimiento de la diferencia entre los títulos de deuda pública y deuda privada para el plazo k.

RC : representa la proporción del exceso de retorno correspondiente al riesgo de crédito.

La porción de riesgo de crédito responde a la metodología empleada en el *Matching Adjustment* en el marco de solvencia II (Towers Watson, 2011).

Finalmente, el vector de inflaciones implícitas se calcula con base en la diferencia entre las curvas cero cupón de deuda pública en pesos y en UVR para los plazos líquidos.

Cuantificación del riesgo de tasa de interés esperado

Adicional a la información obtenida por medio de las tasas de interés, es necesario conocer el flujo de los activos y los pasivos que permiten estimar las rentas vitalicias de la compañía en análisis para cuantificar el riesgo de tasa de interés. Para este ejercicio, se tomarán como referencia la norma chilena que está implementada en las aseguradoras de dicho país (Comisión del Mercado Financiero Chileno, 2007) y la regulación emitida por la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC Colombia, 2018). El procedimiento tiene como objetivo estimar la reserva de insuficiencia de activos, en caso de que se encuentre una insuficiencia.

La prueba de insuficiencia de activos, como se conoce internacionalmente, debe tener en cuenta lo siguiente: la definición de tramos de cálculo de suficiencia; las curvas de tasas de interés de descuento representativas de mercado; la curva de inflación implícita; la curva de tasas de interés que castigue las insuficiencias futuras (más ácida que la curva de descuento representativa de mercado). Además de la cuantificación de los flujos futuros de activos y pasivo, entre los cuales se encuentran: los instrumentos de renta fija, derivados, inmuebles de propiedad de la compañía que estén en arriendo, fondos comunes de inversión, donde el gestor del fondo asegure los flujos y fondos de capital privado, donde el gestor del fondo asegure los flujos. Los activos financieros que no tengan un flujo conocido, como la renta variable, deberá ser considerada en el momento $t = 0$.

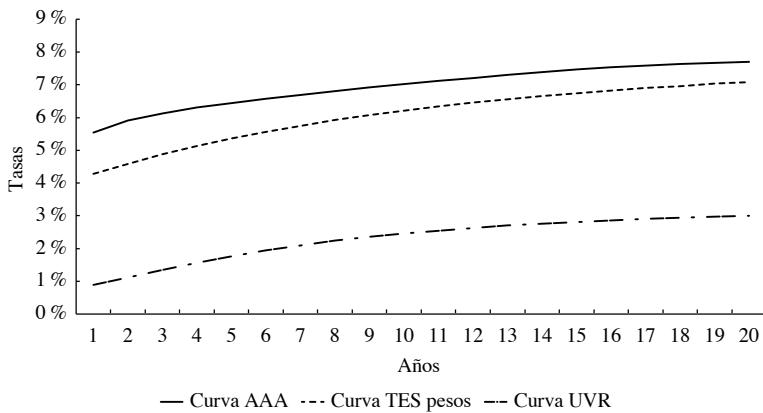
Una vez se tiene dicha información en términos de flujos, se debe calcular el descalce para cada tramo. Cuando este sea mayor que cero significa que habrá una suficiencia de activos y cuando sea menor que cero, una insuficiencia. Algo importante, es que, para poder calcular las suficiencias o insuficiencias por tramos, estos deben estar en el mismo momento del tiempo, denominado “el punto medio”.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Como punto de partida inicial es necesario saber que la información utilizada durante todo el cálculo tiene como corte diciembre 31 de 2019. El estudio asume un periodo anterior a la pandemia Covid-19 para reflejar el comportamiento histórico de la compañía analizada. Para esto, se obtienen las curvas de tasas de interés del mercado, tanto la curva corporativa AAA como la curva TES en pesos y en UVR. En la figura 1 se muestra una tendencia creciente de las curvas, donde la curva corporativa tienen una rentabilidad superior a la reflejada por los títulos de deuda pública.

Figura 1.

Curvas *Spot* Colombia diciembre 2019



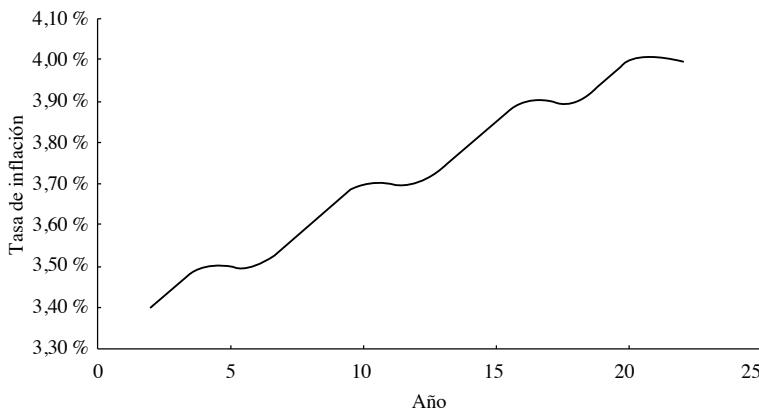
Fuente: elaboración propia.

Con las curvas soberanas en UVR y en pesos es posible extraer la inflación implícita con la siguiente fórmula (siendo i el número de años);

$$\text{Inflación implícita}_i = \frac{\text{Tasa pesos}_{i+1}}{\text{Tasa UVR}_{i+1}} - 1 \quad (34)$$

La figura 2 se presenta la estimación de la inflación implícita con una tendencia creciente y los ciclos estacionales propios del comportamiento de la economía colombiana.

Figura 2.
La inflación implícita de Colombia

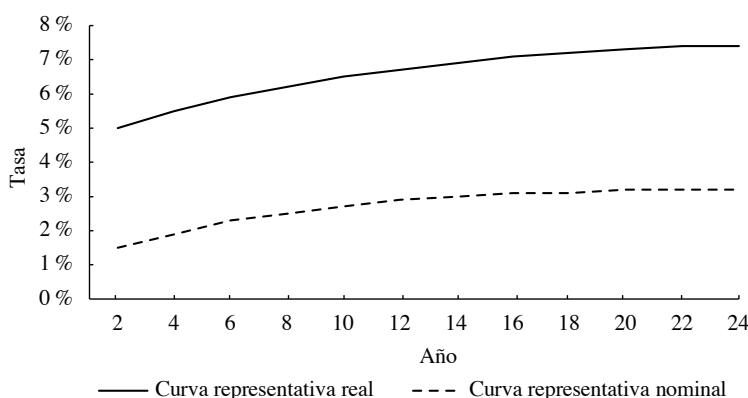


Fuente: elaboración propia con inflación implícita calculada.

Finalmente se debe encontrar la curva representativa de mercado hasta el último punto líquido de acuerdo con la ecuación 33, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

P es la participación de la deuda pública: 30%, de acuerdo con la realidad de la aseguradora. RC representa la proporción del exceso de retorno correspondiente al riesgo de crédito: 55% (Moody's, 2016). En la figura 3 se expone el comportamiento de las curvas con tasas las tasas reales que se obtienen al descontar la inflación y la nominales.

Figura 3.
Curvas Spot



Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, la compañía de seguros cuenta con pasivos a muy largo plazo, y por esto, es necesario extrapolar la curva de la tasa de interés para poder tener una tasa que represente el mercado durante toda la vigencia de los flujos del pasivo. Por ello, se aplicó la metodología de Smith-Wilson, según la ecuación 2. Los parámetros se resumen en la tabla 1.

Tabla 1.

Parámetros definidos para el caso de Colombia para aplicar Smith-Wilson

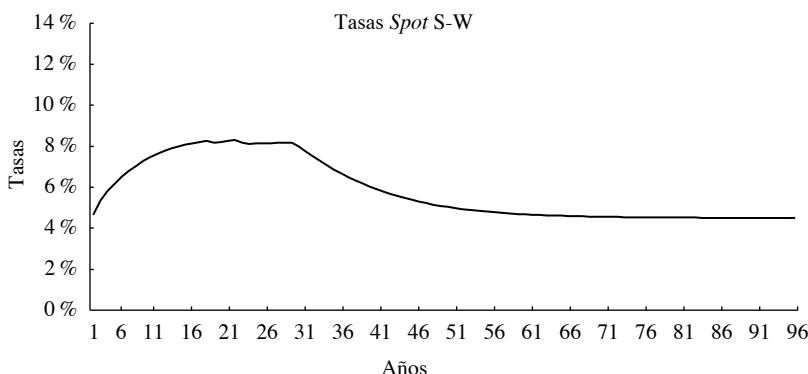
Parámetro	Porcentaje
Inflación largo plazo	3 %
Tasa real largo plazo <i>Spot</i>	1,5 %
UFR	4,5 %
Años convergencia	90

Fuente: Eiopa (2015).

La figura 4 muestra la curva estimada mediante la extrapolación hasta el año 135 (2154). De allí se evidencia un crecimiento de la tasa entre 4,7 % y 8,15 % durante los primeros 20 años; un decaimiento en los 20 años posteriores; finalizando con una tasa media de 4,5 % para los últimos años.

Figura 4.

Curva extrapolada Smith-Wilson caso colombiano



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se estiman los flujos de pasivos y activos de la aseguradora en estudio, con el fin de identificar el riesgo de tasa de interés al que se encuentra expuesta. Para esto se necesita considerar: los flujos de pasivos de una renta vitalicia que tenga la aseguradora en estudio y el flujo de activos, entre los que se encuentran: los instrumentos que estén denominados en alguna tasa de interés, a excepción de la inflación, deberán ser proyectados con la última tasa conocida.

Los instrumentos que estén determinados en moneda extranjera deberán ser proyectados con el último tipo de cambio conocido, ya que, se pueden generar distorsiones en el flujo de caja. Finalmente, los flujos de los activos que se encuentren indexados a la inflación, tanto que sea en moneda UVR como en cupón inflación más un *spread*, deberán ser proyectados con la inflación implícita para que los resultados obtenidos sean bajo los mismos parámetros y puedan ser entonces, comparables.

Todos los flujos deben ser castigados por el riesgo de crédito asociado, ya que, hay una probabilidad de impago por parte de los emisores. Esto, con el fin de cuidar la liquidez de la compañía. En este caso, se toma como referencia el cálculo de probabilidad de impago de las matrices de Standard and Poor's (Standard and Poor's Global Ratings, 2019), como se indica en la tabla 2.

Tabla 2.

Matrices de *default*

Calificación años	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC/C
1	0,00 %	0,02 %	0,06 %	0,17 %	0,65 %	3,44 %	26,89 %
2	0,03 %	0,06 %	0,14 %	0,46 %	2,01 %	7,94 %	36,27 %
3	0,13 %	0,12 %	0,23 %	0,80 %	3,63 %	11,86 %	41,13 %
4	0,24 %	0,22 %	0,35 %	1,22 %	5,25 %	14,95 %	43,94 %
5	0-35 %	0,32 %	0,49 %	1,64 %	6,78 %	17,33 %	46,06 %
6	0,45 %	0,42 %	0,63 %	2,05 %	8,17 %	19,26 %	46,99 %
7	0,51 %	0,51 %	0,81 %	2,41 %	9,36 %	20,83 %	48,20 %
8	0,59 %	0,59 %	0,96 %	2,76 %	10,43 %	22,07 %	49,04 %
9	0,65 %	0,71 %	1,28 %	3,50 %	12,53 %	24,32 %	49,95 %
10	0,70 %	0,73 %	1,28 %	3,44 %	12,22 %	24,21 %	50,44 %
11	0,73 %	0,80 %	1,43 %	3,79 %	12,92 %	25,08 %	50,96 %
12	0,76 %	0,86 %	1,57 %	4,06 %	13,56 %	25,73 %	51,51 %
13	0,79 %	0,92 %	1,71 %	4,32 %	14,13 %	26,31 %	52,16 %
14 o +	0,92 %	1,04 %	1,98 %	4,87 %	15,17 %	27,43 %	52,80 %

Fuente: Standard and Poor's (2019).

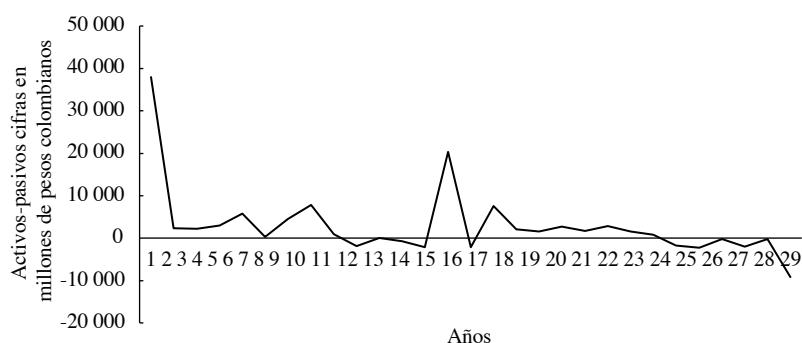
Los tramos utilizados para calcular la insuficiencia de activos son de 12 meses, esto refleja la capacidad de la compañía para cubrir las obligaciones. El *spread* que hay entre la curva libre de riesgo y la curva AAA corporativa juega un papel importante a la hora de calcular el riesgo de tasa de interés en cada uno de los

momentos, pues aunque las tasas de interés estén en incremento (y esto se pudiera reflejar en un riesgo de tasa de interés menor), si el *spread* entre las curvas se ha disminuido podría implicar un mayor riesgo, de acuerdo con cómo se calcula la curva representativa de mercado, lo cual no dan sentido de cara a la gestión del riesgo. Por esto, en ambos casos será utilizada la curva representativa de mercado para descontar tanto las insuficiencias como las suficiencias, buscando así valorar a “mercado” el pasivo y el activo de dicha compañía.

Una vez aplicado el modelo Smith-Wilson con la curva extrapolada para el caso colombiano, los resultados indican que la compañía cuenta con un exceso de capital en la ventana de observación para hacer frente a las obligaciones con sus asegurados (ver figura 5). En consecuencia, la compañía no tendría que guardar reservas del capital adicional, evidenciando una baja exposición al riesgo de tasa de interés. Sin embargo, la dinámica de las tasas de interés implica volatilidades que exigen el monitoreo periódico de dicha reserva.

Figura 5.

Diferencias entre activos y pasivos finales.



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El método de Smith-Wilson para la extrapolación de tasas de interés ha mostrado tener un ajuste mucho más preciso de las curvas de rendimientos, lo que quizás para otros modelos ha resultado un poco más complejo, según varios economistas y analistas. Por ejemplo, el método de Nelson y Siegel —aunque en teoría también estima tasas con ajustes muy cercanos a la realidad— puede tender a sobre o subestimar los rendimientos de la curva, dado que se basa en métodos paramétricos. En este sentido, la metodología aplicada garantiza que el rendimiento extrapolado pueda acercarse a una tasa previamente definida (UFR), evitando así que las extrapolaciones sean inestables.

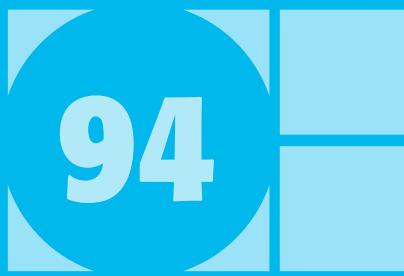
Las aseguradoras, tal como se ha mencionado, están expuestas al riesgo de tasa de interés dadas las realidades de mercado y de pasivo que tienen. Es importante resaltar que dicho sector se encuentra altamente vulnerable a los movimientos en las curvas, ya que, impactan directamente la capacidad de pago que tiene la aseguradora con sus clientes. Sin embargo, en escenarios en los que el Gobierno aumente o disminuya las tasas de interés de manera súbita se podría materializar el riesgo de impago hacia los asegurados. El modelo aplicado, en este trabajo, propone una cuantificación más adecuada del riesgo de tasa de interés, que ayuda a las aseguradoras a mejorar su gestión de inversión y conexión entre activos y pasivos. Los resultados obtenidos posibilitan optimizar el monto de provisiones necesarias para cumplir con sus acreencias ante movimientos inesperados de las tasas de interés. Con el objetivo de conservar el capital mínimo requerido para su operación.

A pesar de que los resultados obtenidos son favorables para la entidad objeto de estudio, es relevante hacer un seguimiento periódico a las tasas de interés y la gestión de activos y pasivos. Cuando las empresas omiten dicho proceso se exponen a un riesgo de tasa de interés que afecta la sostenibilidad de la compañía a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

1. Asimit, A. V., Badescu, A. M., Haberman, S., & Kim, E. S. (2016). Efficient risk allocation within a non-life insurance group under Solvency II Regime *Insurance: Mathematics and Economics*, 66, 69-76.
2. Brewer, E., Carson, J. M., Elyasiani, E., Mansur, I., William, L., & Carson, J. M. (2016). Interest rate risk and equity values of life insurance companies: A Garch-M model. *American Risk and Insurance Association Stable*, 74(2), 401-423.
3. Comisión para el Mercado Financiero (CMF). (2017). *Comisión para el mercado financiero*. <http://www.svs.cl/portal/principal/605/w3-channel.html>
4. Comisión del Mercado Financiero Chileno (2007). Ley de seguros 251 de chile. https://www.cmfchile.cl/portal/principal/613/articles-792_doc_pdf.pdf
5. Craine, R. G., & Pierce, J. L. (2018). Interest rate risk. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 13(4), 719-732. <https://doi.org/10.2307/2330476>
6. Cuesta Aguilar, F. (2011). *Fundación Mapfre*. <http://fundacionmapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/cs-seguro/libros/el-riesgo-de-tipo-de-interes-experiencia-espanyola-y-solvencia-II-163.pdf>
7. English, W. B., Van den Heuvel, S. J., & Zakrajšek, E. (2018). Interest rate risk and bank equity valuations. *Journal of Monetary Economics*, 98, 80-97. <http://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2018.04.010>

8. Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación (Eiopa) (2010). *Committee of European Comission*. <https://eiopa.europa.eu/Publications/QIS/CEIOPS-Calibration-paper-Solvency-II.pdf>
9. Europea de Seguros y Pensiones de Jubilación (Eiopa) (2015). Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures. [https://register.eiopa.europa.eu/Publications/Standards/Technical%20Documentation%20\(7%20December%202015\).pdf](https://register.eiopa.europa.eu/Publications/Standards/Technical%20Documentation%20(7%20December%202015).pdf)
10. Financial Supervisory Northway (2010). *Financial Supervisory Northway*. http://janroman.dhis.org/finance/Smith%20Wilson/A_Technical_Note_on_the_Smith-Wilson_Method_100701.pdf
11. Lloyd, W., & Shick, R. (1977). A test of Stone's two-index model of returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 12(3), 363-376. doi:10.2307/2330540
12. Magurean Laureanda, M. M. (2016). Extrapolation methods of the term structure of interest rates under Solvency II. Facolta di Ingegneria dell'informazione, Informatica e Statistica. [Tesis de Grado, Universidad de Roma]. https://www.scor.com/sites/default/files/2017_it_tesidi_laura_magurean.pdf
13. Moody's. (2016). Measuring corporate default rates. <https://www.moodys.com/sites/products/DefaultResearch/2006200000425249.pdf>
14. Priti, V. (2016). The impact of exchange rates and interest rates on bank stock returns: Evidence from U.S. banks. *Studies in Business and Economics*, 11(1), 124-139. <http://doi.org/10.1515/sbe-2016-0011>
15. Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) (2018). Superintendencia Financiera de Colombia. <https://www.superfinanciera.gov.co/descargas/institucional/pubFile1028445/20171227documentotecnicovectores.doc>
16. Standard and Poor's (2019). Standard and Poor's Global Ratings.
17. Towers Watson (2011). *Solvency II. The matching adjustment and implications for long-term savings*. <https://www.thecroforum.org/wp-content/uploads/2012/09/TW-EU-2012-27041-Matching-Adjustment-2.pdf>



CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772

ARTÍCULOS

ESTEBAN ROBLES DÁVILA, LUCIANA C. MANFREDI, JUAN TOMÁS SAYAGO GÓMEZ
Y JUAN MANUEL FRANCO JURADO

- Dime con quién andas y te diré quién eres: análisis estructural de las redes de los senadores de Colombia de los períodos 2010-2014 y 2014-2018

307

HERTON CASTIGLIONI LOPES

- Instituições, desenvolvimento e economia brasileira: uma nota vebleniana sobre o desenvolvimento brasileiro a partir dos anos 2000

331

JORGE A. RODRÍGUEZ-SOTO

- Economía conductual y macroeconomía: rumbo a mejores microfundamentos

353

BORIS SALAZAR TRUJILLO Y DIANA MARCELA JIMÉNEZ

- Emparejamientos en los mercados laborales de la APE: ¿son igual de eficientes?

369

CARLOS RICAURTE NOGUERA, JUDITH VERCARRA-GARAVITO Y HENRY DANIEL PUERTA-ÁLVAREZ

- Precio mundial del café y su efecto en el precio interno para países latinoamericanos

405

MARÍA DEL ROSARIO DEMUNER-FLORES

- Resiliencia e innovación, capacidades impulsoras del rendimiento en empresas de servicios

435

MÓNICA ARANGO ARANGO, LUIS MONTES GÓMEZ, ANA FERNÁNDEZ DUQUE

Y HORACIO FERNÁNDEZ CASTAÑO

- Estimación del riesgo de tasa de interés en el sector asegurador: aplicación del modelo Smith-Wilson

457

JESÚS FERNANDO BARRIOS ORDÓÑEZ

- La relación entre confianza y moneda: un análisis mediante componentes principales y Poisson

479

SUSANA CHACÓN ESPEJO Y VÍCTOR ITURRA

- Brecha salarial de género: evaluando el rol del trabajo doméstico no remunerado en Chile

513

YOLANDA SÁNCHEZ TORRES, ANÍBAL TERRONES CORDERO Y EUGENIO GUZMÁN SORIA

- Análisis de la inversión pública y privada en México, 1994-2020

541

JULIO CÉSAR ALONSO-CIFUENTES Y VIVIANA CHAVARRIAGA-ANTONIO

- Empleando técnicas no paramétricas para medir cambios en el corto plazo en la distribución de los ingresos de los hogares colombianos en el periodo de Pandemia

559

JOÃO PAULO CARVALHO, TATIANA FIGUEIREDO BREVIGLIERI Y SEBASTIÃO NETO RIBEIRO GUEDES

- Furtado e Veblen: aproximações teóricas

601

LUIS FRANCISCO LAURENTÉ BLANCO

- Efecto del microcrédito en la informalidad del empleo en el Perú

625

ISSN 0121-4772



9 770121 477005

9 4