



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**



---

---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**“SOLVENCIA II, ESTIMACIÓN DEL BEL DE SINIESTROS PARA UN SEGURO DE  
AUTOS”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN ACTUARÍA**

**PRESENTA:**

**MAYRA GUADALUPE PÉREZ FLORES**

**ASESOR:**

**L. EN A. FERNANDO MENDIETA ESQUIVEL**

**REVISORES:**

**DR. EN A. E. HÉCTOR RUÍZ RAMÍREZ**

**M. EN M. A. VERÓNICA ÁNGELES MORALES**

**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO**

**MAYO 2016**

## ÍNDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 1: Antecedentes y Conceptos Básicos de Solvencia .....</b>	<b>9</b>
1.1    Conceptos Básicos.....	9
1.1.1 El Riesgo .....	9
1.1.2 El Seguro .....	10
1.2 Solvencia .....	11
1.2.1 Antecedentes de Solvencia II .....	14
1.2.1.1 Los Acuerdos de Basilea y la Directiva Solvencia I.....	14
1.2.1.2 Solvencia II en la Unión Europea .....	16
1.2.1.3 Solvencia II en México.....	21
<b>Capítulo 2: El Nuevo Marco Regulator Solvencia II.....</b>	<b>26</b>
2.1 ¿Qué es Solvencia II?.....	27
2.2 Los Tres Pilares .....	32
2.2.1 Pilar I.....	33
2.2.2 Pilar II.....	37
2.2.3 Pilar III.....	41
2.3 El Sector Asegurador Mexicano.....	43
2.3.1 Instituciones Reguladoras.....	43
2.3.2 Operaciones de Seguros .....	45
2.3.3 Estructura, Composición y Concentración del Sector .....	45
<b>Capitulo 3: Tipos de Reservas y su Constitución .....</b>	<b>51</b>
3.1 Reservas.....	51

3.1.1 Reservas de Primas.....	54
3.1.1.1 Reservas de Riesgos en Curso .....	54
3.1.2 Reservas de Siniestros .....	56
3.1.2.1 Reserva de Siniestros Ocurridos No Reportados .....	57
3.1.2.2 Reserva de Siniestros Pendientes de Valuación .....	59
3.2 Regulación Actual .....	59
3.3 Regulación Bajo Solvencia II .....	61
3.3.1 Método Estatutario.....	64
<b>Capítulo 4: Metodología.....</b>	<b>72</b>
4.1 Triángulos de Siniestralidad.....	73
4.2 Regresión Lineal .....	75
4.3 Metodología Chain-Ladder.....	76
4.4 Metodología Bootstrap .....	79
4.4.1 Aplicaciones de la Metodología Bootstrap .....	81
4.4.1.1 Metodología Bootstrap Montos.....	85
4.4.1.2 Metodología Bootstrap Factores.....	86
4.4.1.3 Metodología Bootstrap Montos Ajustados Por Varianza .....	86
4.5 Aplicación del Modelo .....	88
4.5.1 Regresión Lineal.....	90
4.5.2 Chain-Ladder .....	93
4.5.3 Bootstrap Montos.....	93
4.5.4 Bootstrap Factores.....	96
4.5.5 Bootstrap Montos Ajustados Por Varianza .....	97
4.6 Resultados .....	99
<b>Conclusiones.....</b>	<b>105</b>

<b>Glosario de Seguros .....</b>	<b>108</b>
<b>Glosario de Siglas y Abreviaturas .....</b>	<b>113</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>116</b>

## INTRODUCCIÓN

Las empresas aseguradoras tienen como objetivo, ofertar productos que mitiguen las pérdidas económicas de los usuarios de seguros, ante la materialización de un riesgo, mismas que al formar parte del sistema financiero mexicano, tienen la obligación de funcionar como intermediarios solventes, capaces de llevar a cabo las actividades de ahorro e inversión que demande el poseedor de recursos. Es por ello, que una de las prioridades de las aseguradoras es el equilibrio técnico, puesto que buscan ofrecer productos con precios competitivos, pero sin dejar de lado la política de selección de riesgos, que garantice la solvencia de la compañía y la obtención del mayor beneficio posible.

La iniciativa de Solvencia II, surge en la Unión Europea en el año 2001, como un proyecto encaminado a la implementación de un modelo, basado en la valuación económica del riesgo y del capital de las aseguradoras, y cuyo principal objetivo, radica en el desarrollo y establecimiento de un sistema que permita determinar los recursos necesarios para garantizar que una aseguradora sea solvente, mediante la correcta medición de los riesgos que ésta asuma. Además, este conjunto de normas, busca garantizar la existencia de un sector asegurador sólido y confiable, capaz de ofertar productos que permitan a más individuos estar protegidos, generando una mayor competencia entre las instituciones del sector.

Desde el año 2006, en México se comenzaron a realizar algunos estudios para el desarrollo de un nuevo esquema que, serviría como marco regulatorio para la industria del seguro; como resultado de las acciones previas, en 2013 se aprobó la nueva Ley de Seguros y Fianzas, basada en el modelo europeo de Solvencia II. Es importante resaltar que, nuestro país es uno de los pioneros en establecer el nuevo régimen europeo, sin embargo, son varios los factores que han frenado el progreso en este tema, tal es el caso de la insuficiencia de capital por parte de las aseguradoras, para enfrentar los cambios en cuestión de sistemas de información y gestión de riesgos. Otro factor a tomar en cuenta radica en la falta de información confiable, para elaborar modelos, que permitan una correcta proyección de las reservas de la compañía.

El esquema de Solvencia II está fundamentado en tres pilares de acción. El primer pilar se enfoca a los requerimientos cuantitativos, y toca aspectos relacionados a la medición

de activos, pasivos y capital de la compañía; mientras que el segundo pilar, está enfocado a los requerimientos cualitativos y procesos de supervisión; un punto importante es el gobierno corporativo, pues es en éste, en el cual se plantea la administración de riesgos y la cultura de negocio de la compañía. Finalmente, el tercer pilar, enfocado a la disciplina de mercado, aborda temas referentes a la transparencia de la información, tanto para las empresas como para los consumidores. Pese a que todos y cada uno de los pilares del nuevo esquema de solvencia son de suma importancia para el buen funcionamiento de la compañía, el presente trabajo está orientado al estudio del Pilar I, específicamente a la constitución de reservas y al cálculo del mejor estimador, también conocido como BEL por sus siglas en inglés (*Best Estimate Liabilities*).

La implementación de Solvencia II en el sector asegurador mexicano, y las consecuencias de dicho régimen, aún es muy controversial, por tal motivo, surge el interés en realizar esta investigación. Debido a que este nuevo esquema de solvencia, plantea el cambio de un marco regulador de carácter estático a un marco que implementa métodos dinámicos, la pregunta central del presente trabajo es la siguiente ¿el uso de métodos estocásticos, es mejor para la proyección de reservas que un método determinístico? Dando respuesta a esta pregunta de investigación se formuló la hipótesis siguiente.

La hipótesis de la presente investigación es, que los métodos estocásticos son mejores para la proyección de reservas que un método determinístico, es decir, el cálculo del BEL de Siniestros bajo Solvencia II, es más preciso que el método determinístico de Solvencia I.

En este contexto, el objetivo general de esta tesis es obtener el BEL de siniestros de una cartera de automóviles, tanto bajo Solvencia II como con la regulación actual, para comparar resultados y, poder afirmar la hipótesis de que el cálculo del BEL de Siniestros bajo Solvencia II es más preciso.

Para efectos de esta investigación se profundizará en el estudio del método Bootstrap y el método Chain-Ladder, los cuales de acuerdo a la literatura revisada, son los métodos más utilizados para calcular las reservas de siniestros de una compañía de seguros, tal

como se puede apreciar en los estudios de Kikuchi & Guillén (2010), Álvarez (2012), Villanueva (2015), entre otros.

El presente trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos, en los cuales se describen los puntos referentes con la actividad aseguradora y la nueva normativa de Solvencia II, terminando con una aplicación a un caso de estudio particular. En el primer capítulo, se encuentran los términos básicos del seguro, así como los antecedentes del nuevo marco regulador, tanto en Europa como en México. En el segundo capítulo, se abordan los puntos relacionados a Solvencia II, los pilares en los que está fundamentada, y las ventajas y desventajas que tiene su implementación, adicionalmente, se habla de la estructura, concentración y composición del Sector asegurador mexicano, es decir las principales compañías que lo integran, las instituciones que lo regula y las operaciones de seguros que se manejan. En el tercer capítulo, se habla de los conceptos de reservas, su importancia y la manera en que se constituyen tomando como referencia la regulación actual y, el método estatutario propuesto en la nueva Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas, en caso de que las compañías no tengan un modelo propio. En el último capítulo, se explica la metodología que se utiliza para el cálculo de la reserva de siniestros, además se plantea la aplicación de las metodologías descritas y los resultados derivados de dichos métodos. Finalmente, se plantean las conclusiones que se realizaron a partir de los resultados obtenidos en el capítulo IV.

# CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE SOLVENCIA

## 1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1.1 EL RIESGO

Durante toda nuestra vida, los seres humanos hemos estado expuestos a distintos riesgos, amenazas o peligros que nos ponen en una situación de vulnerabilidad, la cual puede definirse como la capacidad disminuida de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro, ya sea natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse de los mismos (IFRC, 2014). Así mismo, la capacidad que tiene una persona para resistir, hacer frente y recuperarse de los distintos riesgos y amenazas, está en función de los factores físicos, económicos, sociales y políticos que la rodeen.

Entonces cuando se habla de estar expuesto a un riesgo, se debe considerar que es de carácter incierto o aleatorio, puesto que no sabemos si ocurrirá o no, y de ser así, no se sabe en qué momento ha de ocurrir; además, se considera fortuito, es decir, que nunca estará dentro de la voluntad humana el que el evento ocurra. El concepto de la palabra “riesgo”, es una mezcla entre la probabilidad de que ocurra un evento desafortunado y las consecuencias negativas que esto tendría, ya que una de sus características se relaciona directamente con el contenido económico, es decir, al materializarse se crea una necesidad económica, misma que deberá ser cubierta.

Así la materialización del riesgo, deja a su paso consecuencias no solo de carácter económico, sino también, de carácter social; es por esto, que es de gran importancia reconocer que una persona no está exenta de exponerse a situaciones que diariamente la pongan en peligro, además de esto, cabe mencionar que cada individuo adopta una postura diferente ante el riesgo, siendo éstas:

1. **Indiferencia:** actitud o estado de ánimo que alguien presenta cuando no demuestra rechazo o inclinación por algún objeto o hecho determinado (RAE, 1970). Cuando una persona se porta indiferente ante el riesgo, es porque está dispuesta a cubrir con su propio patrimonio las consecuencias económicas o daños que resulten de la manifestación del mismo.

2. **Prevención:** se refiere a la acción de prepararse o disponerse de manera anticipada para ejecutar una cosa o evitar un riesgo (RAE, 1970), es decir, anticiparse a una dificultad, prever un daño y/o avisar a alguien de algo. El objetivo de la prevención, es el tratar de lograr que un siniestro no se concrete; en caso de que ocurra el accidente, la prevención está encaminada a establecer el conjunto de medidas disponibles, que harán que los daños ocasionados sean los mínimos posibles.
3. **Previsión:** es la acción de disponer lo que sea conveniente para atender a contingencias o necesidades, bajo el supuesto del conocimiento anticipado de que algo podría suceder (RAE, 1970). La característica fundamental de la previsión, se basa en que una de las medidas adoptadas por la persona previsora, es la conformación de un fondo económico, con el cual podrá hacer frente a las consecuencias de un siniestro futuro. Cabe mencionar que bajo esta postura ante el riesgo, el ahorro juega un papel importante.

Partiendo del punto anterior, surge la entidad aseguradora, como una respuesta a la necesidad de disminuir los efectos que trae consigo la materialización de un riesgo. Así pues, y de conformidad con Guardiola (2001), ésta puede ser definida como, “la manifestación técnica y organizada de las iniciativas socio-económicas de compensación de riesgos” (p.1), es entonces, que su principal función es ofertar productos que ayuden a mitigar la pérdida económica ante un siniestro. A dichos productos se les conocen como seguros.

### **1.1.2 EL SEGURO**

El seguro es un medio para la cobertura de los riesgos, los cuales serán transferidos a una aseguradora, misma que se encargará de garantizar o indemnizar todo o parte del perjuicio, producido por la aparición de determinadas situaciones accidentales (Seguros para todos, 2012).

De igual manera, Guardiola (2001) menciona que, “desde un punto de vista general, puede también entenderse como una actividad económica-financiera, que presta el servicio de transformar los riesgos de diversa naturaleza, a que están sometidos los

patrimonios, en un gasto periódico presupuestable, que puede ser soportado fácilmente por cada unidad patrimonial” (p.13).

El concepto de seguro también ha sido considerado tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Social: puesto que asocia masas para el apoyo de los intereses individuales.
- Matemático: dado que transforma un valor eventual en un valor cierto.
- De coste: ya que es el medio más económico para satisfacer una necesidad eventual.

Por ello, “el objeto del seguro es la compensación del perjuicio económico experimentado por un patrimonio a consecuencia de un siniestro” (MAPFRE, 2014).

Es entonces que se conoce con el nombre de seguro, a todo aquel contrato que se establece entre dos partes (asegurado y aseguradora) y que tiene como objetivo justamente asegurar un determinado bien o elemento. De acuerdo con la RAE (1970), el seguro es el contrato por el cual una persona, natural o jurídica, se obliga a resarcir pérdidas o daños, que ocurran en las cosas que corren un riesgo. En el contrato de seguro, se define el rol que desempeña la aseguradora, y lo que deberá cumplir al otorgar un determinado tipo de servicio de seguro, mientras que la parte que sea asegurada, deberá pagar un monto de dinero, denominado prima, para que la aseguradora pueda cubrir el riesgo al que está expuesto.

Actualmente, las compañías aseguradoras se encuentran preocupadas por tener la liquidez suficiente, para poder hacer frente a las obligaciones adquiridas, es por ello, que la entrada del nuevo marco regulatorio denominado Solvencia II, es de vital importancia para el sector asegurador.

## **1.2 SOLVENCIA**

Se define como la capacidad de generar fondos para atender, en las condiciones pactadas, los compromisos adquiridos con terceros (Boal, 2015). Cuando se habla de solvencia se habla del posible quebranto que tendría la entidad, como resultado de la variación en las condiciones y características que pudiesen alterar la capacidad de la compañía, para cumplir los términos con los que normalmente lleva a cabo sus

operaciones, tomando en cuenta tanto los compromisos como los recursos que se tienen en el corto y el largo plazo.

Como ya se mencionó, la solvencia de una compañía toma en consideración dos factores: la capacidad de generar recursos financieros suficientes, y la puntualidad de pagos; en consecuencia, se habla de una solvencia técnica, cuando la empresa por sí misma es capaz de generar autofinanciación suficiente para hacer frente a las deudas, en caso contrario, ésta tendrá que recurrir a otras vías como es la financiación adicional, es decir, utilizar créditos bancarios o incluso llegar a vender activos que posea; por otro lado, se habla de la solvencia efectiva cuando se cumple con las fechas de pago pactadas. De este modo, una compañía será solvente, en la medida que lleve a cabo los factores que fundamentan la solvencia técnica y efectiva.

Con respecto al sector asegurador, se debe tener en claro que se habla de un ente financiero que en primer lugar recibe ingresos (primas) para después realizar el pago correspondiente de siniestros. De acuerdo con lo mencionado previamente se puede decir que:

- a) Las operaciones realizadas por la aseguradora están basadas en la confianza. Con esto se quiere dar a entender, que los usuarios de seguros están interrelacionados de manera tal que cualquier anomalía con las funciones de la aseguradora generan carga social.
- b) El recibir los ingresos antes de realizar los pagos, mismos que son de carácter incierto, pone en primer lugar el objetivo de ser una empresa solvente.

Por consiguiente, para mantener la estabilidad del conjunto de asegurados, es necesario que al precio del servicio se le agregue un componente para cubrir el riesgo que se está asumiendo, a este último se le conoce como recargo técnico o de seguridad.

Dicho de otra forma, la solvencia en la compañía de seguros se puede catalogar como un pasivo que está compuesto por recursos propios y reservas, que han sido constituidas mediante recursos ajenos (Nieto & Vegas, 2001).

Razón por la cual es de gran importancia para la aseguradora contar con un régimen de solvencia adecuado, mismo que le permita asegurar tanto su permanencia en el largo

plazo como la protección de los asegurados. Es así que para poder determinar y evaluar su posición financiera, se debe tomar en cuenta de manera coherente los riesgos a los que como aseguradores están expuestos, así como las consecuencias que traerían la manifestación de los mismos. Una situación de insolvencia para este tipo de entidad, ocasionaría elevados costos económicos y sociales, ya que son éstas, las que mediante las funciones de protección y compensación, administran los recursos de terceros (Aguilera, 2007).

Dadas las condiciones antes mencionadas, a continuación se presentan algunos aspectos que las aseguradoras deberán considerar para contar con un nivel de solvencia adecuado:

1. La aseguradora debe hacer frente a las obligaciones adquiridas bajo las circunstancias previstas, tanto en el corto como en el largo plazo.
2. Se deben evaluar los factores de riesgo a los que están expuestas y su posible impacto.
3. Se necesita prudencia explícita en requerimientos regulatorios.
4. Los valores entre activos y pasivos que se obtienen al llevar a cabo la evaluación de solvencia deben ser consistentes.
5. Se debe considerar un régimen de solvencia específico en la determinación de reservas.
6. Debe existir claridad en el costo esperado de las responsabilidades asumidas.

Bajo el contexto anterior, se puede observar que es de suma importancia que la entidad aseguradora mantenga un nivel de control en sus operaciones, de tal suerte que le permita continuar con sus funciones de manera confiable y segura. Es por ello, que se debe tomar en cuenta el hecho de que las actividades del seguro son de naturaleza aleatoria, lo que ocasiona desviaciones del mismo carácter, trayendo como resultado problemas en la estabilidad del ente asegurador. En consecuencia, las compañías comenzaron a elaborar esquemas que les permitieran minimizar este riesgo, tomando como referencia las propuestas de Basilea para contar con una mejor solidez financiera.

## **1.2.1 ANTECEDENTES DE SOLVENCIA II**

### **1.2.1.1 LOS ACUERDOS DE BASILEA Y LA DIRECTIVA SOLVENCIA I**

En pocas palabras, los acuerdos de Basilea son recomendaciones que rigen al Sector Bancario, sobre la manera en que las instituciones de dicho sector deben llevar a cabo las funciones de carácter financiero para operar de manera eficiente. Estas normas surgen en el año de 1975, fueron propuestas por el Comité de Basilea, y su objetivo se centra en fijar el capital básico de las entidades, para hacer frente a los riesgos que asumen por las características de su negocio, de manera que establecen las condiciones mínimas a considerar para asegurar su estabilidad (CaixaBank, 2011).

Estos acuerdos han ido evolucionando conforme a las necesidades que las instituciones han tenido. En primer lugar, en el año de 1988 Basilea I es instaurada; esta norma incluía un sistema de ponderación de exposición por riesgo y una definición de capital regulatorio que recomendaba un capital mínimo del 8 %, el cual debía tenerse en relación a los activos ponderados por riesgo. Años más tarde, en 2004, es aprobada Basilea II, la cual contempla de manera más extensa el cálculo de los activos ponderados por riesgo, permitiendo que las compañías asignen diferentes calificaciones mediante la implementación de modelos internos, mismos que debían estar aprobados previamente por el supervisor. Finalmente, entra en vigor Basilea III, actual esquema que rige al sector bancario, con este se exige el aumento del capital para asegurar una mayor capacidad para absorber pérdidas, también, se introduce un nuevo ratio de apalancamiento y se aumenta el nivel de requerimiento de capital entre otros.

Conviene subrayar que los bancos son instituciones que forman parte del sistema financiero, y que por ende la naturaleza de las operaciones que realizan son diferentes a las operaciones que lleva a cabo cualquier tipo de empresa industrial, ya que cuentan con un proceso productivo invertido. Esto quiere decir, que dentro de cualquier institución que ofrezca servicios financieros, el concepto de solvencia precede a cualquier concepto de beneficio, dicho de otra manera, el beneficio está condicionado a la solvencia del ente financiero, algo semejante ocurre con las aseguradoras (Nieto et al., 2001).

A fin de poder tener un mayor control sobre la manera en que se debían realizar los cálculos para la constitución de provisiones técnicas y margen de riesgo, y en general

para poder tener una uniformidad en la manera de operar, en el año de 1973 se adoptan los esquemas de la “Directiva Solvencia I”; dicha normativa es la que actualmente rige a la industria del seguro, y ha sido considerada como el primer paso hacia una regulación comunitaria de la gestión del riesgo (Lantares Solutions, 2014).

En lo que se refiere a solvencia I, se trata de un modelo sólido, sencillo de aplicar y de bajo costo que facilitaba el seguimiento y control; de ahí que los principios sobre los cuales descansa este marco regulatorio son:

- Se definían reglas de cálculo para provisiones técnicas mediante la aplicación de fórmulas en un ambiente de prudencia.
- Se definían los activos que funcionarían como garantía de las provisiones técnicas.
- El cálculo del margen de solvencia se realizaba en función de porcentajes de siniestros, de provisiones y primas. Además, se debía calcular un fondo de garantía.

En cuanto a su implementación, se consideraban mayores exigencias cuantitativas sujetas a un sistema de actualizaciones periódicas, las cuales estarían bajo una supervisión efectiva con un mayor derecho de intervención, además que presentaba exigencias de solvencia en el riesgo de seguro. Así mismo, algunos objetivos que se buscaba alcanzar, estaban directamente relacionados con lo referente a la especialización de la entidad aseguradora y el crecimiento del sector.

Todo esto podría confirmar la solidez de la directiva instaurada en las compañías de seguros, sin embargo, aspectos de Solvencia I como son el carácter estático, la exclusión de la gestión de riesgos internos, y el hecho de ignorar el perfil de riesgo sobre el nivel de capital exigido, fueron factores que se tomaron en cuenta para empezar a desarrollar una nueva directiva, que pudiera contrarrestar las áreas de oportunidad previamente mencionadas.

Como consecuencia de los cambios regulatorios que ha sufrido el actual marco normativo, aparece un proyecto encaminado hacia un modelo basado en la valuación económica del riesgo y el capital de las aseguradoras denominado “Solvencia II”. Esta iniciativa surge en el año 2001 en la Unión Europea, nace de la propuesta de Basilea II, y tiene como principal objetivo el desarrollo y establecimiento de sistemas, que permitan

determinar los recursos necesarios que garanticen la solvencia de una aseguradora, mediante la medición precisa de los riesgos asumidos por ésta (AMIS, 2010).

De acuerdo con la Comisión Europea, la nueva directiva se define como: un sistema moderno para la supervisión de las empresas europeas de seguros y de reaseguros. Estas nuevas normas son esenciales para garantizar la existencia de un sector asegurador sólido, fiable y capaz de ofrecer productos de seguros que sean viables y apoyen la economía, a través de inversiones a largo plazo y el porte de estabilidad adicional (DGSFP, 2013).

Es así como el día 10 de Julio de 2007, se publicó el primer borrador de la directiva que serviría de base, para el desarrollo del nuevo marco de solvencia para el sector asegurador (PricewaterhouseCoopers, 2007).

### **1.2.1.2 SOLVENCIA II EN LA UNIÓN EUROPEA**

La implementación del nuevo marco regulador Solvencia II en la Unión Europea, está motivado por la siguiente premisa: en consonancia con los últimos avances en materia de gestión de riesgos por parte de otros sectores financieros, es necesario que las empresas de seguros y reaseguro, adopten un enfoque basado en el riesgo económico, que incentive una correcta evaluación y gestión del mismo.

Abraham (2008) menciona que con la iniciativa de un cambio de directiva se pretende lo siguiente:

- Asegurar un alto nivel de identificación y manejo de riesgos, así como de asignación de capital.
- Incrementar la transparencia y las reglas bajo las que operan las compañías.

En particular se debe mencionar que con el cambio de esquema regulador se planea, mediante la especialización de las aseguradoras, obtener un valioso instrumento que permita poder gestionar con eficiencia y eficacia los riesgos. Es por ello, que las empresas deben utilizar información propia, que les permita gestionar adecuadamente sus riesgos, con la finalidad de tener un modelo con el cual se pueda modelar su cartera, y que además les permita calibrar parámetros que puedan ser incluidos en la fórmula estándar del capital de solvencia obligatorio. Asimismo, todas las empresas de seguros tendrán

que realizar evaluaciones periódicas, de las necesidades globales de solvencia conforme a su perfil de riesgo, y cuyos resultados deberán ser comunicados a la autoridad competente.

En vista de que las aseguradoras tendrán la libertad de utilizar datos propios para la elaboración de modelos internos, es importante que la autoridad supervisora correspondiente tenga la facultad de realizar las recomendaciones necesarias, que permitan el adecuado funcionamiento de la empresa. Aunado a esto, las autoridades podrán obtener de las empresas la información necesaria para desempeñar su función supervisora; tal información, en ciertos casos, tendrá que ser sometida a procesos de información, cotización y algunas otras exigencias reglamentarias, esto con el fin de crear un ambiente de transparencia de información en el sector.

Una vez planteadas las normas de Solvencia II, se llevó a cabo la primera fase del proyecto, que consistía en la recopilación de información y datos sobre sistemas, que se habían venido utilizando en las compañías de seguros para la realización de los cálculos de solvencia pertinentes, esto con el fin de tener un mejor panorama de inicio, así como las estrategias que debían seguirse para la implementación del nuevo esquema.

Con la finalidad de lograr el objetivo antes expuesto, surge el “*Quantitative Impact Study*”, mejor conocido como QIS por sus siglas en inglés; el propósito de dicho estudio es evaluar la viabilidad, las implicaciones y el posible impacto de los ajustes en el capital de las aseguradoras en virtud de la nueva directiva. Para llevar a cabo el QIS, el CEIOPS<sup>1</sup> invitó a que un grupo de empresas aplicaran un determinado conjunto de especificaciones técnicas para el cálculo del Capital de Solvencia Obligatorio y Capital Mínimo Obligatorio, que por sus siglas en inglés se conocen como SCR y MCR respectivamente, en función de su situación financiera al final del año anterior. Hasta el momento se han aplicado cinco estudios cuantitativos, y los resultados obtenidos fueron utilizados como base para el diseño de los requisitos financieros, con los que las compañías de seguros deben cumplir (LLOYD’S, 2015). A continuación se plasman algunos detalles de los estudios cuantitativos realizados.

---

<sup>1</sup> Committee of European Insurance and Occupational Pensions, actualmente European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA)

El QIS 1, se enfocaba en el nivel de prudencia en las provisiones técnicas y la evaluación comparativa de las mismas a ciertos niveles de confianza; en este primer estudio se podían realizar aproximaciones en caso de que las cifras no fueran exactas, además la información cualitativa sobre métodos y modelos utilizados por los participantes del mercado, serían de suma importancia para una primera exploración (CEIOPS, 2005). En pocas palabras, con este QIS se buscaba la aproximación al cálculo del valor razonable de los pasivos; los resultados obtenidos reflejaron que en la mayoría de los casos el valor razonable era inferior a las disposiciones técnicas. Bajo tales circunstancias los primeros desafíos a enfrentar se resumían en: técnicas avanzadas de modelado, manejo de información más precisa y un nivel de recursos más alto del disponible en muchas de las compañías (KPMG, 2008).

Con el QIS 2, se buscaba una vez más evaluar los activos y pasivos en el marco de Solvencia II, así como posibles opciones para establecer requisitos del capital mínimo y de solvencia; además se invitaba a las compañías a proporcionar información sobre la aplicación del enfoque de costo de capital. Los objetivos que planteaba el QIS 2 son tres: en primer lugar, obtener información sobre la viabilidad de los cálculos necesarios; en segundo lugar, conocer el posible impacto en los balances y la cantidad del capital, que podría ser necesaria en caso de adoptar los enfoques establecidos por la directiva; y en tercer lugar, buscar información cualitativa y cuantitativa acerca de la idoneidad del cálculo del SCR (CEIOPS, 2006). En concreto, se identificó una falta de consistencia en la calibración del SCR y MCR, por lo que se requería una mayor orientación en este aspecto (KPMG, 2008).

Por lo que se refiere al QIS 3, es un seguimiento del QIS 2, que persigue los siguientes objetivos; para comenzar, se esperaba contar con un mayor conjunto de información sobre la viabilidad y conveniencia de los cálculos involucrados; en segundo lugar, trataba de verificar el impacto en los balances y cantidad de capital necesario para cubrir el capital de solvencia; el tercer punto, se refiere a la idoneidad de la calibración sugerida para el cálculo del SCR y MCR, y finalmente se buscaba estudiar el efecto de la aplicación del QIS 3 a los grupos de seguros (CEIOPS, 2007). Es por ello, que la iniciativa de aplicar este estudio se centra en primera instancia, en hacer otras pruebas del modelo estándar para el SCR, mediante una calibración más cuidadosa de dicho modelo; además de ello,

se pondría a prueba una nueva fórmula para el MCR con factores recién estructurados, tomando en cuenta la reducción de los efectos del riesgo, ante la futura participación de ganancias de primas. Las conclusiones a las que se llegaron gracias a la aplicación del QIS 3 son: el ratio de solvencia es menor del que se venía manejando en Solvencia I, el 98% de las aseguradoras podrían cubrir el MCR, el nuevo régimen de solvencia no requiere inyectar capital adicional en el sector asegurador europeo, ya que para el 30% de las aseguradoras su excedente disponible se incrementaría en un 50%, mientras que para el 34% se reduciría en un 50%, a su vez, un 16% de las compañías tendría que aumentar su capital con el fin de satisfacer su SCR (KPMG, 2008). En comparación con el QIS 2, el QIS 3 genera un costo menor en cuanto a la duración de su aplicación, además de efectos en la curva de aprendizaje.

De manera similar a lo que ocurre con el QIS 3, el QIS 4 es considerado el seguimiento del estudio anterior; los objetivos a los que se encaminaba este estudio eran: diseñar las especificaciones técnicas alineadas con los principios y la calibración de la directiva propuesta, proporcionar a los grupos de interés información sobre los impactos cualitativos de Solvencia II, y motivar a las empresas de seguros para que se comenzaran los preparativos para la implementación de los nuevos esquemas. Así pues, la aplicación del QIS 4 se enfocaba a las pequeñas empresas, y a pruebas de métodos simplificados para la comparabilidad de los resultados derivados del modelo estándar, modelos parciales y modelos internos, así como también al diseño y calibración de la nueva fórmula para el cálculo del MCR (KPMG, 2008).

El QIS 5 es el último estudio cuantitativo, realizado para verificar las bases en las que descansa Solvencia II. En este último ejercicio, todo riesgo es considerado prueba de campo para evaluar la viabilidad y complejidad de los métodos y estándares que se habían venido proponiendo, y no una propuesta final para el nuevo marco regulador. Su objetivo está dirigido a obtener información detallada sobre el impacto cuantitativo de las propuestas en las aseguradoras, y balances de solvencia, así como comprobar que las propuestas hayan sido alineadas con los principios y objetivos de calibración establecidos en Solvencia II. Por otro lado, su aplicación tuvo la intención de estimular a las empresas, y a los supervisores para prepararse para la introducción de la nueva directiva; identificar las áreas donde más trabajo preparatorio pudiera ser necesario y para proporcionar un

punto de partida para el dialogo entre supervisores, y empresas en la medida en que se avance por el camino hacia la implementación de los nuevos esquemas (EIOPA, 2011).

Entonces a manera de resumen se presenta lo siguiente; el ejercicio de QIS 1 se aplicó en el otoño de 2005, y se centró en probar el nivel de prudencia en las disposiciones técnicas en varias hipótesis. En el verano de 2006 fue el turno del QIS 2, el cual cubría aspectos relacionados con las provisiones técnicas, el cálculo del capital mínimo de solvencia (SCR), y la exigencia de capital mínimo (MCR); enfocándose así en la metodología de requisitos de solvencia. El QIS 3 se puso en marcha en abril de 2007, dicho estudio se centró en la comprobación de la calibración de parámetros, además sentó las bases para el siguiente ejercicio QIS. Para el año 2008, ya se contaba con los resultados del QIS 4, que abarcó todas las áreas del régimen propuesto, incluía el equilibrio en el impacto de los fondos propios y la calibración de las fórmulas; también se enfocó en el impacto de los grupos y la comparación entre el modelo interno y resultados de la fórmula estándar. Finalmente, se aplicó el QIS 5, que tomaba en cuenta los modelos internos y fórmula estándar, el enfoque modular y escenario equivalente único, para el ajuste de la pérdida y capacidad de absorción de las provisiones técnicas e impuestos diferidos, la consolidación y, deducción y agregación de métodos para grupos entre otros, los resultados de dicho estudio se obtuvieron en el 2011 (EIOPA, 2011).

Como se puede observar, los ejercicios QIS han sido indispensables para el desarrollo de Solvencia II, pues lo que se trata de lograr con su aplicación, es asegurar que la normativa esté diseñada de la forma más adecuada, mediante la obtención de pruebas suficientes acerca de los efectos causados por el régimen propuesto.

De acuerdo con Swiss Re (2015), la Unión Europea ha desarrollado el esquema de regulación del sector asegurador más exhaustivo hasta el momento, ya que los regímenes de solvencia adquieren mayor alcance y complejidad que nunca. Es importante mencionar, que no solo las empresas europeas están migrando a la adopción de medidas de requerimientos de capital económicos basados en riesgo, sino también compañías de distintos países del mundo; si bien la migración de esquemas no se ha presentado de forma uniforme entre regiones, cabe mencionar que cada vez más países se están uniendo a este nuevo proyecto.

Actualmente, solo Australia y Suiza permiten a las aseguradoras utilizar sus modelos internos para determinar su capital económico, siendo estos mismos, algunos de los países que han implementado requerimientos de gobierno corporativo y de gestión de riesgos para sus procesos de solvencia. Algunos otros países de Europa, se mueven a distintas velocidades dependiendo de su inclinación política, sin embargo, se espera que toda la unión europea trabaje bajo el régimen de solvencia II en 2016 (Swiss Re , 2015).

De manera semejante, Latinoamérica forma parte de este movimiento global hacia la modernización de regímenes de solvencia, y aunque no hay un plan formal de implementación, existen dos fuerzas que están impulsando la adopción de los nuevos esquemas. En primer lugar, las presiones competitivas provocadas por grupos aseguradores que se encuentran activos internacionalmente y que ya han incorporado en gran medida prácticas globales, las cuales traen como consecuencia que las aseguradoras locales modernicen sus sistemas antes de que se produzca la regulación; y en segundo lugar, la influencia que tienen los organismos de normalización internacionales sobre las compañías, mismos que promueven la modernización de las normas de supervisión.

Algunos de los problemas que se pudieran presentar en la implementación de Solvencia II en Latinoamérica, están directamente vinculados con la inestabilidad macroeconómica, y con lo estrictos que pueden llegar a ser los regímenes de solvencia basados en riesgos, lo que traería como consecuencia que la nueva directiva se encontrará fuera del alcance de los países más pequeños y menos prósperos, sin embargo, ya varios países se encuentran en la etapa de implementación de los modelos económicos propuestos, siendo los más avanzados Brasil, Chile y México (Swiss Re , 2015), colocándolos así como países pioneros en la realización de acciones encaminadas a la adopción de Solvencia II.

### **1.2.1.3 SOLVENCIA II EN MÉXICO**

Por lo que se refiere al sector asegurador mexicano, se puede hablar de un primer esquema de solvencia a partir de 1990, este régimen estaba basado en la directiva de Solvencia I de la Unión Europea. Durante los siguientes años, las normas mexicanas de solvencia evolucionaron al grado de convertirse en esquemas más sensibles al riesgo,

utilizando a su vez la información y experiencia estadística de las compañías de seguros que conforman al mercado mexicano (Aguilera, 2013).

Como resultado de los cambios que había venido experimentando la regulación mexicana, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) difundió una primera versión de la iniciativa del marco regulador en Agosto de 2008, la cual se presentó para su revisión como un nuevo proyecto, que pretendía entre otras cosas, contribuir al desarrollo y estabilidad del sistema financiero mexicano, mediante la creación de un entorno atractivo para la inversión en el sector asegurador. Dicho proyecto estaba basado en el modelo de Solvencia II, mismo con el que la Unión Europea había venido trabajando años atrás. En ese mismo año, la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) formó el Comité de Solvencia II, integrado por expertos del sector asegurador en temas de los esquemas de solvencia y riesgos financieros, y cuya meta principal era opinar y proponer cambios sobre el proyecto de ley (AMIS, 2010).

A fin de comenzar a trabajar en la iniciativa de la nueva ley de seguros, la AMIS planteó los siguientes objetivos, mismos que fueron definidos por las aseguradoras mexicanas (Varela, 2010):

- Compartir con el sector información que permitiera dar a conocer el estatus de Solvencia II en Europa, y las posibles adecuaciones para el mercado mexicano.
- Generar una base de datos que permitiera modelar los impactos causados por los cambios en la regulación mexicana.
- Desarrollar un plan de trabajo que facilitara la transición regulatoria entre las aseguradoras.
- Preparar a las autoridades correspondientes para llevar a cabo las nuevas responsabilidades derivadas del cambio normativo.

Así pues en el 2013 se presentó una nueva ley, conocida como Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas (LISF), que permitiría agrupar las regulaciones de seguros existentes, en un marco coherente alineado a las normas internacionales, y la cual trabajaría en conjunto con una regulación secundaria denominada Circular Única de Seguros y Fianzas (CUSF). La LISF establece un esquema basado en tres pilares que incorporan elementos de la directiva de Solvencia II Europea, de la regulación de seguros

estadounidense y del Test Suizo de Solvencia (SST) (Swiss Re , 2015). En este sentido, lo que se planea con la adopción del nuevo esquema, es lograr la transición de un sistema demasiado regulado por la autoridad a un sistema auto regulado por principios, pero que no deje de lado la supervisión necesaria.

Al igual que en la unión Europea, en México se han realizado estudios de impacto cuantitativo (EIQ) que revelaron ciertos problemas técnicos, que causarán cambios estructurales en el modelo de solvencia. El trabajo inició con una revisión de las metodologías mencionadas en el QIS 4, para la estimación de requerimientos de distintos riesgos, esto con la finalidad de conocer qué casos aplicaban para México, cuándo y por qué se debía hacer alguna modificación, además de definir las metodologías que eran convenientes (Varela, 2010).

Los Estudios de Impacto Cuantitativo (EIQ), tienen como propósito general la validación de las normas que establece el nuevo marco de solvencia previsto en la LISF, tomando en cuenta entre otras cosas, la constitución y valuación de reservas, el cálculo del requerimiento de capital de solvencia (RCS), la calibración de parámetros que deban aparecer en las formulas, así como determinar el impacto del nuevo esquema (CNSF, 2013).

Bajo el contexto previamente descrito, se puede decir que cinco estudios cuantitativos son los que se han llevado a cabo en México, sin embargo, es importante mencionar que el de mayor relevancia ha sido el EIQ 1, el cual ha funcionado como parteaguas a manera de identificar las acciones hacia las cuales se debe guiar a las compañías de seguros para la implementación de Solvencia II. El número de empresas que participaron en dicho ejercicio fue de 28, las cuales se clasificaron de acuerdo a la calidad de su información, etiquetándolas como compañías con buena o mala información, más aún, se hizo una subclasificación tomando en cuenta un modelo interno para el cálculo del mejor estimador (BEL por sus siglas en inglés) de seguros de vida a largo plazo; en cuanto a los requerimientos de capital de solvencia, se registró un incremento del 21 %, además de esto, el ratio de solvencia reveló que no es necesario inyectar capital, pues es factible cubrir los requerimientos de solvencia II, y aunque existieron diferencias de una empresa a otra, en la mayoría se observaron ratios mayores a uno (Yáñez, 2010).

Análogamente, a la par que se desarrollaron los estudios cuantitativos para validar la adecuada estructura del Pilar I, se llevó a cabo el desarrollo de Estudios de Impacto Cualitativo (EIC), que servirían para analizar el impacto de la normativa referente a los pilares II y III. Los puntos involucrados en la aplicación de los estudios cualitativos son (CNSF, 2013):

- Identificar y dar seguimiento a las brechas de cumplimiento referentes a las obligaciones derivadas del gobierno corporativo, y de transparencia y revelación de información hacia el mercado.
- Involucrar a los consejos de administración de las instituciones, con motivo de la evaluación de los actuales sistemas de gobierno corporativo, con la finalidad de identificar deficiencias y adoptar acciones correctivas.
- Elaborar y seguir los planes de acción necesarios para adoptar los esquemas en los periodos de cumplimiento establecidos
- Evaluar y validar normas regulatorias específicas del gobierno corporativo y revelación de información.

Una de las principales preocupaciones en el sector asegurador mexicano es la implementación del Pilar I, mucho se ha discutido sobre el tema pues ha resultado ser de gran importancia y relevancia en cuanto a Solvencia II se refiere. El principal problema radica en que dicho pilar requiere de una evaluación precisa de los riesgos, para determinar las necesidades de capital que garantice la solvencia de la compañía, sin embargo, la falta de confiabilidad y calidad en la información ha sido el principal freno para los requerimientos cuantitativos que exige la directiva de solvencia.

Por otro lado, María de los Angeles Yáñez Coordinadora del Comité de Solvencia de la AMIS, sostiene que si bien el pilar I de Solvencia II, relativo a la evaluación de los riesgos es muy importante, y requerirá una gran cantidad de recursos para su instrumentación, los elementos del pilar II y III son aún más críticos, pues se está hablando de un cambio en la cultura de gestión del negocio, en el que cada uno de los integrantes de la empresa se convierte en un administrador de riesgos (Yáñez, 2010)

Por su parte, Manuel Aguilera Verduzco, afirma que la transición hacia la nueva regulación de seguros mexicana es posible dados los siguientes puntos (Aguilera, 2014):

- Tanto la industria del seguro como el órgano supervisor, han desarrollado la capacidad técnica necesaria para abordar de manera exitosa la transición hacia una administración basada en riesgos.
- Tanto el gremio actuarial como el contable, cuentan con la fortaleza necesaria para impulsar el desarrollo y la adopción de las prácticas necesarias para implementar el nuevo modelo.
- El órgano supervisor cuenta con la capacidad técnica para cumplir con sus nuevas funciones.

No obstante, pese a las afirmaciones anteriores la nueva directiva no se ha adoptado. Si bien las opiniones sobre la implementación de Solvencia II en las compañías de seguros están divididas, no cabe la menor duda que es uno de los mayores cambios que ha sufrido esta industria, es por ello que más adelante se explicará de manera más detallada las bases sobre las cuales descansa esta normativa, así como las ventajas y desventajas que la adopción de este nuevo esquema de solvencia traerá a todos los integrantes del mercado de seguros.

## CAPÍTULO 2: EL NUEVO MARCO REGULADOR SOLVENCIA II

Como ya se ha mencionado, las compañías de seguros forman parte del conjunto de entidades, que ofrecen servicios de carácter financiero para captar, administrar y canalizar los recursos de los usuarios hacia la inversión. Por tal motivo se considera de suma importancia, el hecho de que dichas entidades cuenten con la estabilidad financiera necesaria para llevar a cabo sus operaciones, con la finalidad de no caer en una crisis económica que las haga incurrir en pérdidas.

Cuando se habla de una crisis económica, existen dos factores que resultan interesantes de analizar. En primer lugar, se tiene el comportamiento de los consumidores; en este se pueden dar periodos de optimismo descontrolado donde, no importando si consumen o invierten, el nivel de recursos que destinen a los fines antes mencionados serán mayores a los ingresos que normalmente perciben. En segundo lugar, se tienen las políticas y estrategias a seguir, donde el común denominador del escenario de crisis está representado por la toma de malas decisiones, es decir, no se prevé y no se toman las medidas pertinentes en el momento adecuado (Hernández , Moraleda, & Sánchez , 2011). Así pues, cuando una empresa atraviesa una crisis, se dice que está atravesando por un periodo de escasez, que de no corregirse a tiempo la podría llevar a una situación de quebranto financiero.

La preocupación por la solvencia y estabilidad financiera de las compañías, surge después del impacto mundial de las crisis sufridas en los años 70 (KPMG, 2012). Es entonces que a través de los años, distintas instituciones financieras han atravesado por crisis que las han llevado a sufrir pérdidas significativas, debido a una mala administración de riesgos; a continuación se presentan algunos ejemplos de esta situación (AMIS, 2010):

- **1994 Bankers Trust (\$150 millones).** El banco se vio envuelto en problemas legales con motivo de la realización de prácticas comerciales inapropiadas, llevándolo así a un deterioro sobre su reputación.
- **1995 Barings (\$1,300 millones).** El banco quebró por la realización de operaciones no autorizadas de compra-venta de instrumentos derivados durante dos años por parte de uno de sus ejecutivos.

- **1997 Natwest (\$127 millones).** La utilización de volatilidades equivocadas, para la valoración de un swap, llevo a un operador de swaptions a cometer un error en el modelo que estimaba el valor de los contratos.
- **2008 American International Group inc.** Esta aseguradora tuvo que ser rescatada por la Reserva Federal de Estados Unidos por el monto de 85 mil millones de dólares para no quebrar, el motivo fue la insuficiencia de fondos para cubrir sus obligaciones.

Bajo el contexto anterior, se puede hacer notar la importancia de un marco regulatorio que permitiera a las compañías llevar a cabo sus operaciones de manera más organizada, y hasta cierto punto menos expuestas al riesgo. De acuerdo a Aguilera (2011), lo que se espera al momento de implementar un esquema de regulación y supervisión financiera es:

- Conservar la estabilidad y solvencia de las instituciones financieras.
- Proteger los intereses de los usuarios impulsando una adecuada conducta de mercado.
- Crear un ambiente, tanto nacional como internacional, de estabilidad financiera.

Es importante mencionar, que el uso de datos financieros no es suficiente para determinar la solvencia de una compañía, sino también, se deben considerar otros aspectos clave que permitan un mejor análisis de las situaciones que pudiera enfrentar. Es por ello que la exposición al riesgo y el tamaño de la empresa, así como las estrategias y políticas bajo las cuales opera, son factores importantes que se deben tomar en cuenta al momento de establecer un esquema de solvencia.

## 2.1 ¿QUÉ ES SOLVENCIA II?

Solvencia II, es una interpretación para el sector asegurador del proceso que se inició en el sector bancario bajo Basilea II; hace referencia a un marco económico de solvencia, con origen en la Unión Europea, que busca definir un esquema basado en la administración de riesgos de las compañías de seguros y reaseguro, proporcionando un sistema para medir los recursos necesarios y suficientes, de tal manera que garantice la estabilidad y solvencia de éstas en función de los riesgos asumidos. Además, constituye

un esquema integral de solvencia, que se basa en los modelos más recientes de la regulación del sistema financiero, tomando en consideración los siguientes puntos (Aguilera, 2012):

- Requerimientos cuantitativos más precisos.
- Gobierno corporativo más sólido.
- Mayor y mejor administración de riesgos.
- Revisión más profunda por parte del supervisor y del consejo administrativo de la misma compañía.
- Mayor transparencia y revelación de la información.

Bajo estos puntos, el nuevo marco de solvencia no solo toma en cuenta la situación del mercado de seguros mexicano, sino también la condiciones que prevalecen en los mercados financieros internacionales, así pues, para estructurar el marco normativo antes mencionado se consideraron los siguientes aspectos (Calderón, 2013):

- Los principios y estándares establecidos por la Asociación Internacional de Supervisores de Seguros (IAIS),
- El desarrollo de modelos de solvencia, que comprendió el análisis de la iniciativa europea de Solvencia II, así como la iniciativa de modernización de solvencia de los Estados Unidos y la Prueba Suiza de Solvencia (SST).
- El aprendizaje derivado de la crisis financiera internacional de 2008.

Aunque la crisis no afectó en gran manera al sistema financiero mexicano, se llegó al acuerdo de tomar medidas que permitieran prevenir situaciones similares en el mercado financiero en materia de administración de riesgos, gobierno corporativo, y transparencia y disciplina de mercado. Por lo que se refiere a la administración de riesgos, se busca fortalecer los modelos para el cálculo de requerimientos de capital basados en la medición del riesgo, partiendo de la utilización de pruebas de estrés, considerando de manera prudente la correlación que existe entre los riesgos, evitando hacer una estimación errónea de la misma, y hacer de los sistemas de transferencia y dispersión de riesgo entre las instituciones financieras mecanismos transparentes. En relación con el gobierno corporativo, se trata de fortalecer las funciones de auditoría, administración de

riesgos y control internos de las entidades, a fin de mejorar la comprensión sobre los riesgos involucrados en los productos que se ofertan y en las inversiones que se realizan; además se enfatiza la importancia de reevaluar las funciones de los responsables de la administración de la entidad, de manera tal que se fortalezca el funcionamiento del gobierno corporativo, en un marco de responsabilidad por parte del consejo administrativo y de los comités que lo apoyan. Finalmente, en lo que respecta a la disciplina de mercado, se pretende avanzar en el desarrollo de mecanismos de revisión, regulación y supervisión financieras, procesos de revelación de información al mercado, mecanismos de coordinación internacional e intercambio de información entre supervisores, etc. (Calderón, 2013).

Dicho de otra forma, Solvencia II hace referencia a un esquema de balance, que fortalece los tres pilares de los que depende la estabilidad y solvencia de las compañías de seguros. Este esquema busca ajustar los requerimientos de capital a nivel de riesgo que cada aseguradora tiene, haciendo énfasis en un mayor nivel de control sobre las operaciones que se realizan por parte de la administración, de modo que se vuelva un estándar que implica precondiciones de infraestructura del mercado para su adecuada implementación (Aguilera , 2012).

De acuerdo con Aguilar (2008)

El esquema de Solvencia II establece que el valor de los pasivos de una compañía de seguros, debe ser aquel al que otra institución de seguros esté dispuesta a tomar a su cargo tales obligaciones, considerando una circunstancia en que los derechos y obligaciones de una cartera deban ser trasladados a otra compañía. A dicho valor se le llama “Valor de Transferencia”, y constituye el concepto fundamental del esquema regulatorio (p.2).

El propósito de acoger el esquema de Solvencia II, está ligado con la reducción de las posibilidades de pérdida y la probabilidad de insolvencia, mediante el establecimiento de un conjunto revisado de requerimientos que tomen en cuenta el nivel de capital, reservas técnicas y estándares de administración de riesgo, entre otros (Aguilera, 2011).

En este sentido, la implementación del nuevo marco regulador, permitirá que las aseguradoras conozcan la manera en que están afrontando los riesgos que asumen, su capacidad en la gestión de los mismos y la incidencia que se tiene en las líneas de negocio que manejan, todo esto con el fin de poder determinar el importe de recursos propios que debe estar disponible para la cobertura del riesgo. Por lo que se refiere al mercado de seguros, la adopción de esta normativa traerá beneficios no solo a nivel sector, sino también al sistema financiero mexicano, pues lo que se busca es el fortalecimiento y estabilidad del mismo a través de los siguientes puntos (AMIS, 2010):

- Reducción del riesgo de que una compañía sea incapaz de hacer frente a sus obligaciones.
- Disminución de pérdidas en caso de que las aseguradoras no sean capaces de hacer frente a sus obligaciones.
- Creación de un sistema de aviso preventivo, para que los reguladores puedan actuar de manera inmediata, en caso de que el capital requerido caiga por debajo de los niveles mínimos.
- Fomentar un ambiente de confianza y estabilidad financiera del sector asegurador.

Esto, con la finalidad de que el sistema financiero no se vea afectado, ni por la inestabilidad económica ni por el nivel reputación de alguna de las empresas que lo integran, ya que en caso de insolvencia por parte de alguna, se generarían altos costos económicos y sociales.

Por su parte Abraham (2008), menciona que las compañías de seguros esperan tener mayores beneficios con la adopción de un marco de administración financiera más amplio, estos son:

- Un menor costo de capital
- Disminución en el riesgo de quiebra
- Mejoras en los procesos de tarificación y toma de decisiones

Además, por lo que se refiere a los consumidores, los beneficios que se obtendrán están basados en el diseño de productos fiables, competitivos y mejor adecuados a las necesidades de los usuarios de seguros, de manera que puedan tener más garantías sobre los productos que contraten, cambiando la manera convencional en que ven los

seguros, por la visión de tomar al seguro como un medio de inversión confiable (Lantares Solutions, 2014)

A cerca de los objetivos que la nueva directiva persigue, Aguilera (2012) sostiene, que el cumplimiento de los mismos está encaminada al fortalecimiento de cuatro aspectos. En primer lugar, se habla de la solvencia, lo que se busca es fortalecer la posición financiera de la compañía, así como sus labores de supervisión y regulación. El segundo punto a considerar es el desarrollo, es decir, se planea promover el sano desarrollo de la actividad del seguro, al extender la cobertura del mismo hacia la mayor parte de la población posible. En tercer lugar, está la competencia, Solvencia II permitirá el estímulo del mercado asegurador hacia una mayor innovación y competencia, tomando en cuenta una mayor eficiencia en beneficio a los usuarios. Finalmente, en lo que se refiere a la protección, se propiciará el mejoramiento de la conducta del mercado, una mayor transparencia y mejores mecanismos para la protección de los usuarios.

En concreto, el objetivo principal de Solvencia II, es el desarrollo e implementación de un nuevo esquema que determine los recursos propios mínimos que requiere una aseguradora, en función de los riesgos asumidos y la gestión que se realice a cada uno de ellos, de tal forma que los métodos de cálculo se puedan adaptar a la evolución del perfil de riesgos de cada empresa. Por tal motivo, la adopción de este esquema contempla la aplicación de modelos propios en función de los riesgos que asume cada entidad de seguros, esto implica tener una mayor responsabilidad para la correcta aplicación y verificación constante de que estos métodos funcionen adecuadamente; es por ello que las condiciones que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo la práctica de modelos internos se resumen en tres aspectos (Aguilar, 2008):

1. Contar con información estadística suficiente y confiable.
2. Se deben realizar pruebas de back testing para corroborar la bondad y precisión de los modelos propios.
3. El modelo debe pasar por un periodo de prueba antes de ser autorizado.

Dicho lo anterior, se puede observar que la transición de un marco regulador a otro representa un momento trascendental en la historia de los seguros, puesto que se estaría dejando de lado las antiguas prácticas donde se llevaba a cabo la estricta aplicación de

criterios, basados en las tendencias e información del sector, para dar inicio a una nueva etapa que estaría marcada por la aplicación de modelos actuariales con base en conocimientos sólidos y juicio profesional.

## 2.2 LOS TRES PILARES

Como se ha venido mencionando, el esquema de solvencia II, ha sido diseñado para actuar sobre tres pilares de supervisión. Calderón (2013) menciona que la nueva legislación, tiene como propósito reducir la probabilidad de que las compañías de seguros enfrenten problemas financieros, mismos que traerían como resultado el incumplimiento de sus obligaciones ante los usuarios, para ello, se buscó la alineación de tres procesos de disciplina:

- **La disciplina regulatoria**, basada en el establecimientos del conjunto de normas que reduzcan la probabilidad de insolvencia.
- **La auto-disciplina**, que consiste en las normas auto impuestas por la copañía de seguros a través del gobierno corporativo, de modo que ayuden al propósito de mantener la solvencia de las aseguradoras, y
- **La disciplina de mercado**, mediante la creación de estímulos pertinentes para el uso de mecanismos de revisión por parte del mercado.

Tales procesos de disciplina, se encuentran agrupados en los pilares del marco de solvencia, mismos que se presentan en la siguiente figura:

Figura 1: Esquema de los tres pilares de Solvencia II



Fuente: AMIS, 2010 p.14

Como se puede observar en la figura anterior, el primer pilar hace referencia a los procesos de análisis de requerimientos cuantitativos; el segundo se encarga de los sistemas de control interno y gobierno corporativo, y el tercero busca establecer una disciplina de mercado. Cabe mencionar que cada uno de los pilares prevé de manera adecuada la identificación, medición, mitigación y administración de los riesgos a los que se encuentra expuesta la entidad aseguradora (Calderón, 2013). A continuación, se explican de manera más detallada los aspectos que cubre cada uno de los pilares previamente mencionados.

### 2.2.1 PILAR I

Este pilar aborda los temas relacionados con los requerimientos cuantitativos; es por ello que los aspectos que cubre son: la valoración económica, el capital disponible, el requerimiento de capital de solvencia (RCS) y el requerimiento del capital mínimo. De



Así pues, el RCS se podría definir como, el capital suficiente para cubrir durante un año las obligaciones de la aseguradora a un nivel de confianza del 99.5 % (Swiss Re , 2015). Es entonces que, su principal función está encaminada a garantizar la existencia de recursos patrimoniales suficientes, de tal suerte que se pueda hacer frente a las obligaciones asumidas por la compañía en función de sus operaciones y riesgos a los que está expuesta; por consiguiente, el RCS relaciona todos los riesgos cuantificables con capital disponible, además considera la diversificación y mitigación de los mismos; de ahí que Aguilar (2014) plantea que los riesgos que se toman en cuenta son:

- **Riesgo técnico o de suscripción:** hace referencia a las posibles pérdidas que la compañía podría tener por los riesgos asegurados.
- **Riesgo de mercado:** está vinculado a la pérdida potencial en activos y pasivos por los cambios en las condiciones generales del mercado frente a las de la inversión.
- **Riesgo de crédito:** muestra la pérdida potencial que asume un agente económico, por el incumplimiento total o parcial, de las obligaciones contractuales que incumben a las contrapartes una operación financiera al vencimiento de los pagos o retornos pactados.
- **Riesgo de contraparte:** es el riesgo que se corre de que la contraparte no entregue el valor o título de la transacción en la fecha de vencimiento.
- **Riesgo de concentración:** se refiere a las pérdidas potenciales derivadas de una mala diversificación de activos y pasivos, causadas por la exposición a riesgos de crédito, liquidez, mercado, etc. o por la combinación e interacción de ellos.
- **Riesgo operacional:** se vincula con las pérdidas financieras potenciales tanto por fallas o insuficiencia de procesos, sistemas tecnológicos, personas, como por eventos externos no previstos.

Además de esto, la AMIS (2010), sostiene que otros aspectos que se deben tomar en cuenta para el cálculo del RCS son:

- Continuidad en la suscripción de riesgos.

- Los riesgos y responsabilidades deben ser analizados en el periodo que corresponda y de acuerdo a su naturaleza y características.
- Diversificación entre riesgos.

En relación con la valuación de las reservas, habrá que comenzar por mencionar que una reserva se refiere al conjunto de cosas disponibles, para ser usadas en el momento oportuno bajo una manera de obrar determinada, así mismo, se puede referir al conjunto de fondos o valores que se guardan para hacer frente a futuras necesidades (Farlex, 2015). De acuerdo con Guardiola (2001), las reservas se definen como aquellas provisiones económicas, que cualquier entidad aseguradora debe realizar, para hacer frente a obligaciones futuras derivadas específicamente de sus operaciones de seguro.

De manera más formal, la Circular Unica de Seguros CUSF (2014) menciona que, “las reservas tienen como propósito cubrir el valor esperado de las obligaciones futuras derivadas del pago de siniestros, beneficios, valores garantizados, dividendos, gastos de adquisición y administración, así como cualquier otra obligación futura derivada de los contratos de seguros” (p. 166).

Considerando que las reservas, también conocidas como provisiones técnicas, constituyen el pasivo más importante de una compañía de seguros, no es de extrañar que se deban establecer con respecto a todas las obligaciones hacia los asegurados y beneficiarios de los contratos de seguros. De conformidad con la CUSF (2014), algunas de las provisiones técnicas que toda aseguradora debe constituir son: reservas de riesgos en curso, obligaciones pendientes de cubrir, para fluctuación de inversiones, contingencia, riesgos catastróficos, matemática especial, entre otras.

Pasando a lo que se refiere a la valuación de las reservas, se tiene que el monto de la reserva será igual a la suma de su mejor estimación y de un margen de riesgo, estos factores tendrán que calcularse por separado en términos de lo previsto por la circular de seguros.

El “Mejor Estimador” (BEL), por sus siglas en inglés, está representado por el valor esperado de los flujos futuros del portafolio de obligaciones, es decir, la media ponderada por la probabilidad de dichos flujos, considerando el valor del dinero en el tiempo con base en las curvas de tasas de interés libres de riesgo del mercado. El propósito del BEL

,es valorar de la forma más precisa el valor esperado de los compromisos de la aseguradora, y su cálculo está basado en métodos actuariales y técnicas estadísticas, por lo que es de suma importancia que la información a utilizar sea confiable, homogénea y suficiente.

Por lo que se refiere al “Margen de Riesgo” (MR), se puede definir como el costo de asegurar que el capital requerido estará disponible para mantener las obligaciones de seguros para años subsecuentes. Con la utilización del MR, se garantiza que el monto de las provisiones técnicas sea equivalente al que la empresa requerirá, para asumir y hacer frente a sus obligaciones, puesto que permite la transferencia de los compromisos a un tercero con un nivel de confianza adecuado.

En pocas palabras, la suma del BEL y del MR, incluye los posibles flujos de ingresos y egresos asociados al negocio suscrito, y el capital necesario para continuar con la operación de la misma. Así pues, lo que se busca con la valuación de las reservas, es encontrar el valor que cualquier participante del mercado de seguros, estaría dispuesto a pagar por el portafolio de riesgos suscrito (AMIS, 2010).

## **2.2.2 PILAR II**

Por lo que respecta al Pilar II, Aguilar (2008) menciona, que lo que se pretende con la implementación de este pilar, es potenciar la actuación de la actividad supervisora, verificando el rigor de los procedimientos utilizados por las compañías de seguros, en su evaluación interna de recursos propios totales que se requieren para respaldar el conjunto de riesgos asumidos.

Es así que lo que se planea, es incorporar la gobernanza del riesgo no solo en la estructura corporativa, sino también en las actividades que desarrolle a diario; es por ello que establece requisitos de procedimiento y organización, para funciones de gestión de riesgos y control interno como lo son la auditoría, el control actuarial y las finanzas (Swiss Re , 2015).

De acuerdo con la AMIS (2010), el Pilar II de Solvencia II se enfoca en los requerimientos cualitativos, y consiste en definir las reglas de supervisión, control interno y gobierno

corporativo, mediante la promoción de estándares mejorados y consistentes de gestión de riesgos. De igual forma menciona que los aspectos clave para el desarrollo de este pilar son:

- Sistema de gestión y seguimiento del riesgo.
- Estrategia y apetito al riesgo.
- Autoevaluación del Riesgo y la Solvencia.
- Función de control interno.
- El buen desempeño de la función actuarial.
- Uso de la externalización.

Partiendo de los puntos antes mencionados, se puede observar que las decisiones que tome la alta dirección, son cruciales para el buen desempeño de las actividades de la compañía. Es por ello, que se deben definir de manera documentada las políticas, procesos y procedimientos de medición y gestión de riesgos, los cuales tendrán que ser muy específicos en lo que respecta a la aprobación de los límites del riesgo y la tolerancia a los mismos; estas políticas se deberán emplear en el plan de negocios de la empresa. Además de esto, solvencia II plantea la externalización de actividades, con la condición de que la compañía responda a las obligaciones que conlleva traspasar el negocio fuera de lo que es el alcance directo; en cuanto a las actividades o funciones importantes, no podrán realizarse fuera de la empresa, esto con el fin de asegurar que el usuario de seguros no se vea afectado negativamente por el servicio ofrecido a través de estas actividades.

En relación con la Autoevaluación del Riesgo y la Solvencia (*Own Risk and Solvency Assessment ORSA*), se requiere que las compañías realicen dichas evaluaciones bajo una perspectiva de largo y corto plazo, anticipando los posibles cambios y evolución de los riesgos y del plan estratégico del negocio. Hay que tomar en cuenta, que el ORSA abarca las necesidades globales de solvencia basados en un perfil de riesgo específico, la tolerancia al riesgo y la estrategia comercial de la empresa, así pues para la realización de la evaluación, se deben considerar incluso los riesgos que no son cuantificables, como lo es el riesgo operativo y sobre su reputación. Otra de las funciones de la ORSA, es el evaluar la adecuación de los recursos de capital, para poder cumplir con los

requerimientos de solvencia en diferentes escenarios, es por ello que la alta dirección, debe garantizar la coherencia entre la estrategia comercial y los límites al riesgo de la empresa. Como resultado de esta actividad surge el Gobierno Corporativo.

La OCDE define al Gobierno corporativo, como el conjunto de acciones directivas seguidas por la organización a fin de lograr coherencia, rendición de cuentas, resultados, transparencia y responsabilidad. Es entonces que los principales objetivos de la implementación de un gobierno corporativo son (AMIS, 2010):

- Facilitar el entendimiento entre los accionistas y la administración.
- Procurar la protección y el crecimiento patrimonial.
- Asegurar la transparencia y generar confianza.

Así mismo la Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas (LISF), menciona en su artículo 69 que las compañías deben disponer de un sistema de gobierno corporativo eficaz, de manera que garantice una sana y prudente gestión de sus actividades. Dicho sistema de gobierno debe corresponder al volumen de operaciones, así como a la complejidad y naturaleza de las funciones que lleve a cabo la compañía, y debe estar basado en el establecimiento y verificación del cumplimiento de políticas, y procedimientos que abarcan las áreas de administración integral de riesgos, auditoría y contraloría interna, función actuarial, entre otras (Avilés, 2014). Algunas de las actividades que debe llevar a cabo este sistema de control son: la definición de una estructura organizacional y la documentación de los procedimientos que permiten la asignación expresa de responsabilidades y diferentes funciones, mismas que indiquen la cadena de mando.

El gobierno corporativo, debe contribuir a la aplicación de un buen sistema integral de administración de riesgos, particularmente, en lo que se refiere a moldear el riesgo en que está basado el cálculo del requerimiento del capital de solvencia, así como una evaluación periódica del ORSA. Aguilar (2014), menciona que el área de Administración de Riesgos, tiene como principales objetivos el medir y controlar los riesgos, y vigilar el apego a las políticas establecidas en cuanto al manejo de los mismos, igualmente afirma que las funciones que debe llevar a cabo dicha área son:

1. Establecer límites y detectar nuevos negocios con riesgo.
2. Diseñar la metodología para identificar, medir, controlar y mitigar los riesgos.

3. Verificar que la información que se esté utilizando sea suficiente y confiable.
4. Revisar de manera anual los supuestos que se utilizan en los modelos que identifican y miden los riesgos.
5. Realizar de manera trimestral pruebas de estrés y solvencia dinámica que permitan identificar riesgos y tomar provisiones.
6. Informar al Comité de Administración y a la Dirección General sobre los niveles de exposición al riesgo y sus efectos sobre el RCS.
7. Implementar medidas para corregir desviaciones detectadas.
8. Presentar al consejo los resultados del ORSA.

En pocas palabras, esta área se encarga de establecer las políticas que permitan identificar, medir, monitorear, limitar y controlar los riesgos a los que se encuentra expuesta una empresa.

Por lo que se refiere al control interno, se puede definir como el sistema que diseña, establece y actualiza las medidas para el cumplimiento de la normatividad interna y externa; por lo anterior, se requiere de mecanismos adecuados de información a todos los niveles, que permitan llevar a cabo los procedimientos administrativos y contables de la mejor forma posible. La auditoría interna por su parte, se encarga de que existan políticas que ayuden a verificar que se cumpla con la normatividad interna y externa en la realización de sus actividades; entre sus principales funciones están: la revisión periódica de la adecuada aplicación de políticas y normas, y seguimiento de hallazgos y acciones correctivas, además se encarga de revisar el funcionamiento del sistema de control interno.

En concreto, el gobierno corporativo debe considerar una estructura organizada y transparente, y una adecuada y clara distribución de funciones, así como mecanismos que garanticen la oportuna transmisión de la información.

En conclusión, el Pilar II se centra en la actuación del órgano supervisor dentro del esquema de Solvencia II, con la finalidad de que la compañía se encuentre bien dirigida y cumpla con los niveles de gestión de riesgos pertinente, el supervisor debe ser capaz de actuar ante situaciones en las que se dé un incremento en los perfiles de riesgo; en

vista de lo que se acaba de mencionar, la implementación de este pilar exigirá transparencia en las prácticas de las autoridades reguladoras (Alonso, 2007).

### **2.2.3 PILAR III**

Por último, el Pilar III trata de fomentar la disciplina de mercado, mediante información relevante respecto a la adecuación del capital que deberán presentar las aseguradoras. Lo que este pilar busca es garantizar que se haga pública, a todos los participantes del mercado, información relacionada con la situación financiera y la solvencia de la compañía, mediante el establecimiento de ciertos estándares.

Alonso (2007) sostiene que si la disciplina de mercado es efectiva, las compañías se verán incentivadas a tomar medidas que promuevan el cumplimiento de objetivos deseados por la regulación, como lo es una mejor gestión del riesgo. De igual manera, menciona que la información a la que se refiere el Pilar III se puede dividir en tres bloques:

1. **Medidas sobre actuaciones financieras y rendimientos**, se refiere a la información contable tradicional misma que debe incluir el balance general, estado de resultados y los flujos de caja.
2. **Medidas de los perfiles de riesgo**, incluye información sobre el nivel y diversificación de riesgos, como son las pruebas de stress-testing y de VaR. En este punto, la información es variada puesto que tiene que ver con el perfil de cada compañía.
3. **Medidas de la incertidumbre de la información en los bloques anteriores**, incluye análisis de sensibilidad ante cambios en el valor de parámetros que ya han sido determinados, y la comparación de resultados entre las estimaciones anteriores.

La implementación de nuevos y mejores procesos para llevar a cabo los reportes de la información, requieren que tanto la alta dirección como todos los niveles de operación de la compañía estén bien integrados, para que basados en elementos como lo son la estrategia, cultura y valores se pueda ampliar la idea de transparencia en la información.

El resultado de la premisa anterior es la siguiente: la gestión de la transparencia es considerado un aspecto importante que las compañías deben analizar, puesto que revela la forma en que se integran internamente los diferentes elementos que conforman la gestión de riesgos. Así pues, el objetivo de la publicación de información prudencial de riesgos al mercado, se basa en presentar periódicamente a la directiva una serie de datos de carácter cuantitativo y cualitativo, que permitan mostrar la situación objetiva de la compañía en cuanto a la gestión de riesgos se refiere. La AMIS (2010), argumenta que la información que se remite al mercado debe presentarse tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- **Periodicidad:** la información debe hacerse pública al menos una vez al año.
- **Política y Procesos:** la empresa de seguros tendrá que elaborar procesos y normas que estén asociados al pilar III referentes a temas como son: frecuencia y lugar de publicación, aprobación interna, control y validación, evaluación y extracción de la información.
- **Confidencialidad:** en caso de así considerarlo, la información que sea confidencial está exenta de ser publicada al mercado, además la entidad tendrá que disponer de un procedimiento, y documentar las causas por las que dicha información se considera de carácter confidencial.
- **Auditoría Interna/ Externa:** la información que no se encuentre cubierta por la auditoría anual, tendrá que ser revisada previamente antes de su publicación.

Con lo que se ha mencionado hasta este momento, se puede concluir que el nuevo esquema de solvencia basado en la valuación económica del riesgo y el capital de las aseguradoras, está diseñado para ser un esquema que permita determinar el importe de recursos propios, que deben ser destinados para la cobertura de obligaciones que se generen como parte de la actividad aseguradora. El esquema de Solvencia II, busca que cada compañía de seguros conozca la manera en que está afrontando los riesgos que asume, así como identificar su capacidad en la gestión de los mismos, es por eso que esta directiva se volverá un sistema autorregulado por principios, mismos que deberán tener fundamento en los tres pilares anteriormente descritos. Lo que se espera con la implementación de Solvencia II en México, es lograr una industria del seguro consolidada y competente no solo a nivel nacional, sino también en el ámbito internacional.

## **2.3 EL SECTOR ASEGURADOR MEXICANO**

Como se ha venido mencionando, el Sistema Financiero está conformado por las instituciones y organismos encargados de ofrecer servicios encaminados al ahorro y la inversión; dichas instituciones se clasifican en sectores de acuerdo al tipo de servicio financiero que ofrezcan, uno de los cuales es el sector asegurador.

En el Sector Asegurador, se concentran las distintas instituciones que se dedican a ofrecer una cobertura económica sobre probables siniestros, accidentes personales o corporativos que pudieran generar pérdidas eventuales a través del cobro de una prima (AMAI, 2014).

Es importante resaltar, que dicho sector juega un rol importante en varios sentidos. En primer lugar, como parte del bienestar social puesto que permite la transferencia de riesgos, que se podrían ver reflejados tanto en las personas como en el patrimonio de las mismas. En segundo lugar, contribuye en el crecimiento y desarrollo del país, pues proporciona un sistema que ayuda a lograr un ahorro estable de largo plazo, así como intermediar el ahorro hacia las mejores opciones o proyectos (SHCP, 2003).

### **2.3.1 INSTITUCIONES REGULADORAS**

Debido al papel que juega el sector, es necesario que todos los integrantes del mismo interactúen bajo reglas bien establecidas. En este punto Flores (2007), menciona que el control de la actividad aseguradora se lleva a cabo por medio de un órgano de control y regulación llamado Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y otro de inspección y vigilancia de las instituciones y sociedades mutualistas de seguros conocido como Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF).

En términos generales, la SHCP es el órgano de gobierno cuyas funciones están orientadas a la obtención de recursos monetarios para financiar el desarrollo del país, pues tiene como misión el “proponer, dirigir y controlar la política económica del Gobierno Federal en materia financiera, fiscal, de gasto, de ingresos y deuda pública, con el

propósito de consolidar un país con crecimiento económico de calidad, equitativo, incluyente y sostenido” (SHCP, 2014).

Por otro lado, la CNSF es quien se encarga de supervisar que la operación de los sectores asegurador y afianzador se apegue al marco normativo, preservando la solvencia y estabilidad financiera de las instituciones de Seguros y Fianzas, para garantizar los intereses del público usuario, así como promover el sano desarrollo de estos sectores, con el propósito de extender la cobertura de sus servicios a la mayor parte de la posible población (CNSF, 2010).

Como resultado de las funciones de los organismos previamente mencionados, la LISF (2013) menciona en su artículo tres lo siguiente: la Secretaría de Hacienda y Crédito Público será el organo competente para interpretar, aplicar y resolver, para efectos administrativos, lo relacionado con los preceptos de esta Ley, así mismo, en la aplicación de la presente Ley, la Secretaría y la Comisión deberán procurar un desarrollo equilibrado de los sistemas asegurador y afianzador, así como una competencia sana entre las instituciones que los integran.

Así pues, aunque el sector asegurador está regulado principalmente por las instituciones de las que se habló anteriormente, existen otros organismos que también comparten funciones encaminadas a cumplir el propósito de conformar un sector desarrollado y con sana competencia, tal es el caso de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), quien se encarga de representar a la industria de seguros ante las autoridades, dar apoyo técnico a sus asociados, y promover la cultura de la prevención del riesgo entre la población utilizando al seguro como medio de protección (AMIS, 2015).

Por otra parte, la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF), a través de la educación financiera ayuda a los usuarios de productos financieros a tomar las mejores decisiones sobre riesgos, costos y beneficios de los productos, además se encarga de promover, asesorar, proteger y defender los derechos e intereses de los usuarios frente a las instituciones de servicios financieros, procurando la equidad en las relaciones de las partes mencionadas (Flores, 2007).

### 2.3.2 OPERACIONES DE SEGUROS

Por lo que se refiere a los productos que ofertan las compañías de seguros, Flores (2000) menciona que con el objetivo de tener una mayor comprensión sobre los servicios de protección que el sector ofrece se estableció la siguiente clasificación:

- **Operación de Vida:** El contrato tiene por objeto cubrir los riesgos que puedan afectar al asegurado en su existencia. Los ramos en los que opera son Vida Individual, Grupo y Colectivo.
- **Operación de Pensiones:** Los contratos de esta operación están derivados de las Leyes de seguridad social, con el objeto de pagar rentas periódicas durante la vida del asegurado o las correspondientes a sus beneficios.
- **Operación de Accidentes y Enfermedades:** El objeto del contrato se enfoca en el reembolso de capital, utilizado por motivo de una lesión o incapacidad que afecte la integridad personal, salud o vigor del contratante resultante de un evento externo y fortuito. En esta operación se encuentran los seguros de Accidentes personales, Gastos Médicos Mayores y Salud.
- **Operación de Daños:** Protegen el patrimonio de los asegurados contra daños sufridos por riesgos a los que están expuestos, así como la indemnización de las pérdidas ocasionadas por los daños. Esta operación de seguros es la más extensa y abarca ramos de incendio, terremoto, automóviles, responsabilidad civil, riesgos profesionales y crédito, marítimo y transportes, agrícola y de animales, entre otros.

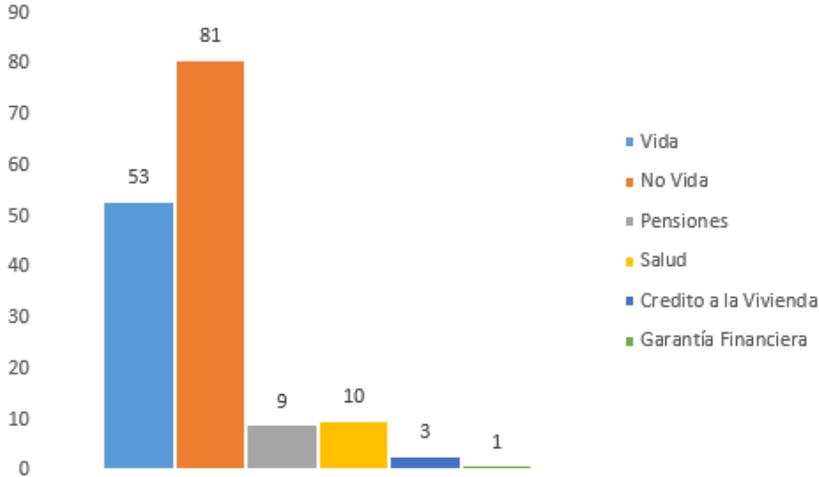
Es importante resaltar, que cada compañía de seguros está especializada de manera parcial o total en la práctica de alguno o varios ramos de seguros de las operaciones antes mencionadas.

### 2.3.3 ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL SECTOR

De acuerdo con las cifras del mes de diciembre de 2014 obtenidas del Análisis Sectorial de Seguros y Fianzas elaborado por CNSF, el sector asegurador está compuesto por 105 compañías de seguros, mismas que se pueden clasificar tomando en cuenta distintos factores; por lo que se refiere al capital constitutivo se tiene que 57 empresas son filiales, es decir, el capital es mayoritariamente extranjero, mientras que 48 están constituidas

por capital nacional; además de esto, solamente 16 compañías forman parte de un Grupo Financiero. En cuanto al tipo de seguros que se ofertan, de las empresas que trabajaron con uno o más ramos de seguros 53 operaron seguros de Vida y 81 operaron seguros de No Vida, representando el 47.4% y 52.6% respectivamente. Por otro lado, las compañías que se dedican a un mismo ramo de seguros se dividen en 9 compañías del ramo de Pensiones, 10 del ramo de Salud, 3 del ramo de Crédito a la Vivienda y una del ramo de Garantía Financiera.

Gráfica 1: Composición del Sector Asegurador por Número de Compañías y Tipo de Operación de Seguros, 2014.



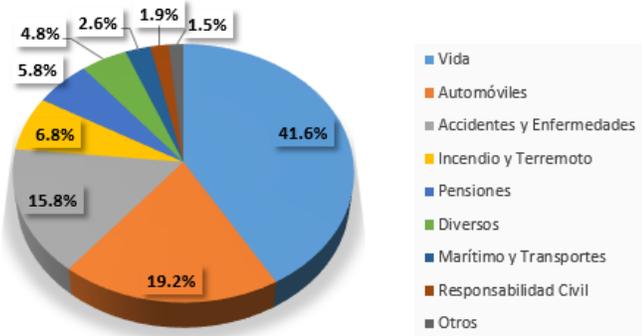
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la CNSF, 2014

Así mismo y en concordancia con el Análisis Sectorial de Seguros mencionado anteriormente, se reportó que para el cierre del último trimestre del año 2014 hubo un crecimiento real anual de 0.7%, es decir, se obtuvo un total de primas emitidas de 363,530.4 millones de pesos y una utilidad neta de 25,433.2 millones comparado con el año anterior. La operación de Vida creció un 2.8%, más aún, los tipos de seguros que forman parte de esta operación como lo es Vida Individual y Vida Grupo, presentaron incrementos del 0.9% y 6.4% respectivamente, trayendo como resultado que ésta operación fuera la de mayor contribución al incremento de la prima directa total del

mercado; además de esto, la operación de Accidentes y enfermedades tuvo un incremento de 6.1%. Sin embargo, se mostraron decrementos de 1.9% en los seguros de Pensiones y de 3.3% en los seguros de la operación de Daños incluido el ramo de Automóviles.

En lo que concierne a la composición de la cartera del mercado, el Análisis elaborado por la CNSF presenta las siguientes cifras, mismas que están en función del nivel de prima directa de cada operación y ramo de seguros, entendiéndose ésta como el ingreso percibido por la venta de seguros efectuada por el total de las compañías: “Vida, 41.6%; Automóviles, 19.2%; Accidentes y enfermedades, 5.8%; Incendio y Terremoto, 6.8%; Pensiones, 5.8%; Diversos, 4.8%; Marítimo y Transportes, 2.6%; Responsabilidad Civil, 1.9%; y otros ramos, 1.5%” (p.4). A continuación se presenta de manera gráfica la contribución de prima directa al mercado por tipo de seguro.

Gráfica 2: Composición de cartera del Sector Asegurador por Prima Directa y Tipo de Seguro, 2014



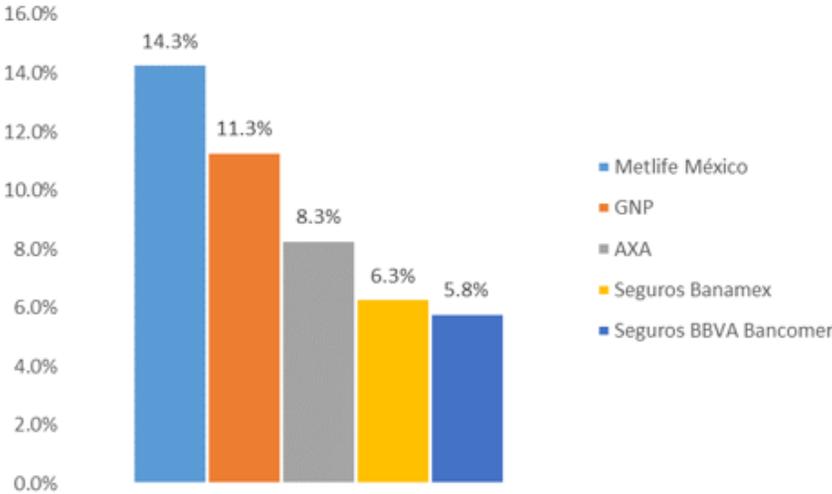
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la CNSF, 2014

Por otra parte, el Análisis Sectorial de Seguros, menciona que la concentración del mercado en términos del índice CR5<sup>2</sup> decreció al ubicarse en el 46%, que se traduce en un punto porcentual por debajo del registro del año pasado. Para el cálculo del índice, las empresas que participaron fueron Metlife México, Grupo Nacional Provincial (GNP),

<sup>2</sup> El índice CR5 se obtiene sumando las cinco participaciones de mercado más grandes en términos de prima directa.

AXA Seguros, Seguros Banamex y Seguros BBVA Bancomer, el nivel de participación se describe en la siguiente gráfica.

Gráfica 3: Participación de Mercado en Términos de Prima Directa de las Compañías que Integran el Índice CR5, 2014



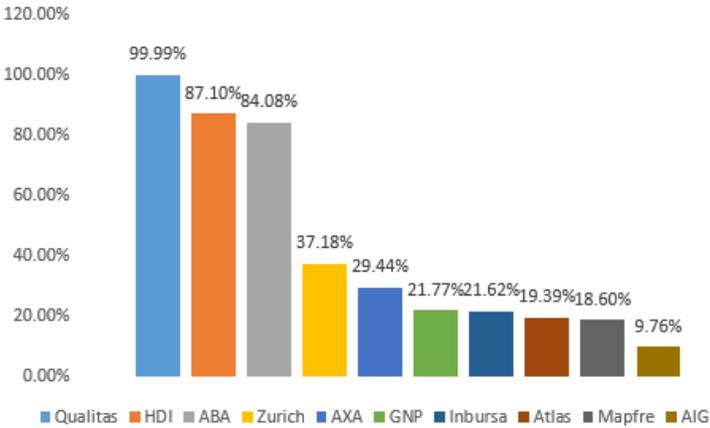
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la CNSF, 2014

Por último, el Análisis Sectorial de la CNSF para el año 2014, señala que en lo tocante a la operación de Vida, el índice de participación se ubicó en un 71.9%, las compañías más representativas y con mayor nivel de contribución al mercado son Metlife México (29.6%), Seguros Banamex (14%), Seguros BBVA Bancomer (9.9%), GNP (9.6%) y Seguros Monterrey (8.8%). Además el índice de participación de las compañías que manejan las operaciones de Accidentes y Enfermedades y Daños fue de 51%, así pues las empresas que conformaron este índice fueron: GNP (13.8%), AXA Seguros (13.1%), Seguros Quálitas (9.1%), Seguros Inbursa (8.3%), y Seguros Banorte Generali (6.7%).

En lo que se refiere a la operación de daños, específicamente al ramo de automóviles, las mejores aseguradoras en México para contratar un seguro de auto son: ABA Seguros, AIG Seguros, Seguros Atlas, AXA Seguros, Grupo Nacional Provincial (GNP), HDI Seguros, Seguros Inbursa, Mapfre, Qualitas y Zurich Seguros (Santander, 2015). Como ya se mencionó, estas compañías gestionan la operación de daños, sin embargo, a

continuación se presenta el porcentaje de la cartera del ramo de automóviles de dichas aseguradoras.

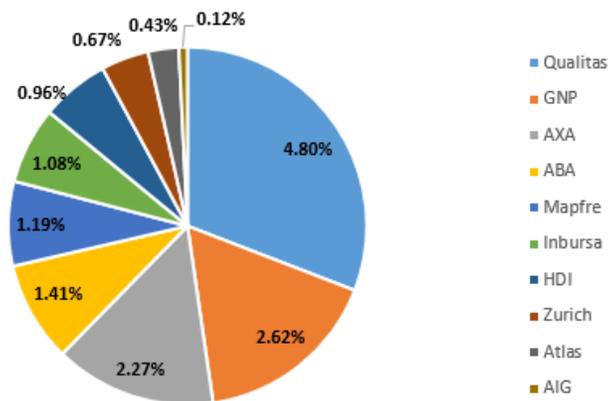
Gráfica 4: Porcentaje de Cartera que manejan las Aseguradoras de la Operación de Daños en el Ramo de Automóviles, 2015



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la CNSF, 2015

A su vez, de acuerdo con las cifras correspondientes al mes de septiembre de 2015 obtenidas de la información financiera disponible en la CNSF, la participación que cada compañía tiene en el mercado asegurador en el ramo mencionado es: Qualitas, 4.8%; GNP, 2.62%; AXA, 2.27%; ABA, 1.41%; Mapfre, 1.19%; Inbursa, 1.08%; HDI, 0.96%; Zurich, 0.67%; Atlas, 0.43% y AIG, 0.12%. Dicha participación se puede ver de manera gráfica en la siguiente figura.

Gráfica 5: Participación de Mercado en el Ramo de Automóviles en Términos de Prima Emitida, 2015



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la CNSF, 2015

Como se puede observar, la aseguradora con mayor penetración en el mercado es Qualitas, que registró una prima emitida de \$13,527,026,684; Así mismo, la aseguradora más pequeña es AIG con una prima emitida de \$335,574,840.55 (CNSF, 2015).

Finalmente, lo que se pretende con la implementación de la directiva Solvencia II en el sector asegurador mexicano, es poder tener una industria del seguro competitiva y con un panorama más próspero, esto como resultado de la adopción de estándares más rigurosos, en lo que se refiere a temas de requerimiento de capital y gobierno corporativo. El nuevo esquema de solvencia entre otras cosas busca que las compañías de seguros sean lo suficientemente solventes, al grado que los usuarios de seguros no se vean afectados por el posible incumplimiento por parte de la aseguradora, es así que uno de los aspectos que se debe tomar en cuenta al momento de poner en práctica los nuevos estándares, es el cálculo de las reservas. Dichas reservas deben ser suficientes para que la empresa de seguros pueda continuar operando de manera normal, es entonces que la manera en que se constituyen debe estar sustentada en elementos técnicos confiables, mismos de los que se hablará en el siguiente capítulo.

### **CAPITULO 3: TIPOS DE RESERVAS Y SU CONSTITUCIÓN**

Como se ha venido mencionando, es de suma importancia que las compañías de seguros desarrollen correctamente sus operaciones, debido a los costos económicos y sociales en los que puede incurrir, como consecuencia de un mal manejo de recursos y una mala administración de riesgos. Por tal motivo, es necesario que la actividad aseguradora se sustente en determinados medios técnicos, pues son éstos los que permiten que dicha actividad se pueda proyectar a futuro garantizando la permanencia, equilibrio, estabilidad y solvencia de la empresa. Así pues, Guardiola (2001) menciona que los principales medios técnicos a considerar son:

- La ciencia actuarial, considerada como la rama del conocimiento que estudia los principios básicos, y estructurales de la actividad aseguradora tomando en cuenta aspectos financieros, técnicos, estadísticos y matemáticos para la obtención de resultados.
- El mecanismo de las provisiones técnicas, margen de solvencia y fondo de garantía.
- Sistemas de distribución y tratamientos de riesgos (reaseguro y coaseguro).

La utilización de estas técnicas del seguro, permitirá a la compañía hacer frente a las obligaciones contraídas con los asegurados, de ahí que las aseguradoras han constituido ciertos fondos monetarios, mismos que habrán de estar disponibles para ser utilizados de manera oportuna en un momento determinado, con el fin de poder cumplir con el propósito que tanto se ha mencionado, es decir, mantener la estabilidad financiera y solvencia de la institución de seguros. A dichos fondos se los conoce con el nombre de reservas, y constituyen el pasivo más importante de la aseguradora.

#### **3.1 RESERVAS**

De manera general, se entiende como reserva “al apartado de beneficios que realiza una empresa, con el fin de representar la pérdida de valor de una partida del activo o para disminuir cualquier pasivo” (Asegurándome, 2015).

Así mismo, Aguilar & Gudiño (2007) mencionan que “una reserva es un pasivo que corresponde al monto estimado de obligaciones futuras. En este sentido, una reserva equivale al monto de recursos que habrán de tenerse para solventar el pago de alguna obligación en el futuro, ya sea que se trate de una obligación cierta o contingente” (p.93).

Por su parte, Rocha (2012) menciona que las reservas permiten determinar la capacidad de la compañía de seguros, para hacer frente a sus obligaciones actuales o eventuales contraídas en virtud de su actividad, considerándose como la principal fuente para atender el pago de las mismas.

Cabe resaltar que para poder constituir las reservas se debe considerar la cantidad de primas que se cobran, ya que éstas deben ser suficientes para cubrir los gastos de operación, y realizar las reservas que permitan pagar las obligaciones derivadas del cumplimiento de un siniestro de manera oportuna. Es decir, el dinero que ingresa a la empresa por concepto de primas se integra en un fondo, que en conjunto con las futuras primas e intereses, son suficientes para cubrir todas las reclamaciones de siniestros e indemnizaciones futuras (GNP, 2015).

Como resultado de los hechos anteriores, y de conformidad con el artículo 216 de la LISF (2013), las reservas que una compañía de seguros debe constituir son:

- Reservas de Riesgo en Curso
- Reservas para Obligaciones Pendientes de Cumplir
- Reserva Matemática especial
- Reserva para fluctuación de inversiones
- Reserva de contingencia
- Reserva de riesgos catastróficos

Además de esto, el artículo 218 de la citada ley menciona, que las compañías de seguros tendrán que constituir y valorar reservas técnicas de conformidad con las disposiciones de carácter general que emita la comisión, lo anterior con el fin de garantizar a los asegurados el pago de los siniestros. Así mismo, algunos aspectos que se deben considerar son:

- a) Las reservas técnicas se deben constituir y valorar de manera prudente, confiable y objetiva.
- b) Dichas reservas deben ser constituidas y valuadas en relación a la totalidad de obligaciones de seguro y reaseguro, que las compañías asuman frente a los asegurados y beneficiarios de contratos, así como la inflación y los gastos de administración y adquisición que se eroguen.
- c) Para la constitución y valuación se utilizarán métodos actuariales basados en la aplicación de los estándares de práctica actuarial, tomando en cuenta información disponible en el mercado, y los riesgos técnicos. Además, la información debe ser oportuna, confiable, homogénea y suficiente para que las estimaciones de los métodos resulten coherentes.
- d) Su constitución y valuación debe mantener coherencia con el importe por el cual podrían transferirse o liquidarse.
- e) El monto de la reserva se obtiene sumando el mejor estimador y un margen de riesgo.
- f) Las aseguradoras deberán segmentar sus obligaciones en grupos de riesgo homogéneos, considerando al menos los propuestos por la comisión. Además, las compañías establecerán procesos y procedimientos que garanticen que la mejor estimación, y la hipótesis bajo las cuales se basa su cálculo, se comparen de manera periódica con su experiencia anterior.

Es importante mencionar que las reservas se consideran instrumentos de análisis técnico, pues hacen referencia a las provisiones económicas que una aseguradora debe poseer. Habrá que dejar en claro que las reservas no son propiedad de la compañía de seguros, sino más bien de la totalidad de asegurados para el cumplimiento de las obligaciones contractuales que se tiene con los contratantes de seguros, es por ello que su cálculo y valuación es de interés público, y deben ser verificadas con la finalidad de evitar que la aseguradora caiga en un estado de insolvencia, que le impida cumplir con sus compromisos previamente asumidos (AMA, 2014). Para su estudio, se han dividido a las reservas en: Reservas de Primas y Reservas de Siniestros.

### **3.1.1 RESERVAS DE PRIMAS**

Las reservas de primas son aquellas concernientes a la porción de la prima, que a la fecha de cálculo, no ha sido ganada por el asegurador. Dichas reservas se constituyen con la finalidad de distribuir el ingreso de la compañía, en función del periodo de tiempo en que estará expuesta al riesgo asegurado (Rocha, 2012). Es la parte de la prima que se utiliza para el cumplimiento de las obligaciones futuras por concepto de reclamos.

#### **3.1.1.1 RESERVAS DE RIESGOS EN CURSO**

De acuerdo con el estándar de práctica actuarial, la Reserva de Riesgos en Curso (RRC) es la cantidad suficiente que cubrirá el valor esperado de los costos futuros de siniestralidad, y otras obligaciones contractuales considerando adicionalmente costos de administración tomando en cuenta su distribución en el tiempo, su crecimiento real y la inflación (CONAC, 2003).

Por otro lado, Rocha (2012) menciona que la RRC, es el valor a deducir de la prima neta retenida, cuyo objetivo es proteger la porción de riesgo correspondiente a la prima no devengada. Así mismo, de manera contable, puede ser definida como el sistema por el cual se justifica el ingreso de primas en el periodo de corte, mismas que se ven reflejadas en los resultados de la aseguradora.

Es entonces que la RRC que debe ser constituida es (LISF, 2013):

- Para seguros de la operación de vida, como son, seguros de vida con temporalidad mayor a un año, con temporalidad menor o igual a un año, para seguros de pensiones o de supervivencia que se relacionen con la edad, jubilación o retiro de las personas bajo esquemas privados de seguridad social, y para seguros de pensiones derivados de las leyes de seguridad social.
- Para seguros de la operación de accidentes y enfermedades.
- Para seguros de la operación de daños

Al hablar del cálculo de la RRC se deben considerar los siguientes principios (CONAC, 2003):

- I. La RRC es el monto suficiente para cubrir el valor esperado de los costos futuros, considerando el tiempo que falta por transcurrir para el vencimiento del contrato de seguro.
- II. Su determinación debe sustentarse sobre bases actuariales, y ser congruente con las hipótesis que hayan sido utilizadas en el cálculo de la prima de tarifa suficiente.
- III. Las bases que se utilizan para su valuación deben revisarse periódicamente en función de las variaciones en los supuestos considerados originalmente, conforme se obtenga nueva información.

De igual forma, el cálculo de la RRC debe estar basado en información suficiente y confiable, sobre la cartera y variables consideradas para la determinación de la prima de tarifa, además debe tomarse en cuenta el tiempo transcurrido, la tasa técnica de interés y costos futuros relacionados con la transferencia del riesgo.

Así mismo, se debe agregar que para la valuación de la RRC, se deben considerar supuestos sobre la tasa técnica, mismos que deben estar basados en criterios prudenciales, que tomen en cuenta las políticas de portafolios de inversión de la empresa, y los riesgos asociados al mismo que tomen como referencia la tasa libre de riesgo del mercado; las tasas de rendimiento futuras, la inflación y la expectativa macroeconómica también son factores importantes a considerar. Además se deben contemplar los costos en los que incurrirá la compañía de seguros para hacer frente a los riesgos en curso, considerando el costo de siniestralidad y otras obligaciones contractuales, incluido el margen de solvencia y utilidad y, los costos de administración y adquisición.

De manera general, la RRC se calcula como la diferencia entre el valor presente actuarial de las obligaciones futuras de la aseguradora (pago de siniestros futuros  $VPAC_t$ ), y el valor presente actuarial de las obligaciones futuras del asegurado (pago de primas futuras  $VPAA_t$ ), es decir,

$$RRC_t = VPAC_t - VPAA_t$$

Dicha formulación se utiliza cuando se habla de seguros de vida a largo plazo. Por otro lado, para los seguros de vida a corto plazo, es decir, con temporalidad menor o igual a un año, la RRC se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$RRC_t = \frac{T - t}{T} PR$$

De donde T es el tiempo total de vigencia de la póliza; t es el tiempo transcurrido desde la contratación del seguro hasta el momento de la valuación, y PR es la prima de riesgo.

En lo que se refiere tanto a los seguros de accidentes y enfermedades como a los seguros de daños con temporalidad menor o igual a un año, la RRC se obtiene de la siguiente manera:

$$RRC_t = \frac{T - t}{T} (PT - CA)$$

Donde PT es la prima de tarifa cobrada, y CA es el costo de adquisición considerado en la prima de tarifa que se haya cobrado.

Por otra parte, para los seguros de daños con temporalidad mayor a un año, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RRC_t = \frac{T - t}{T} (PT - CA) + PFA$$

Donde PFA corresponde al monto de primas futuras actualizadas de acuerdo a la inflación.

Cabe mencionar que las fórmulas plasmadas anteriormente para calcular la reserva de riesgos en curso, se encuentran en los criterios generales de la constitución de reservas técnicas propuestos en los estándares de la ASSAL (2000).

### **3.1.2 RESERVAS DE SINIESTROS**

Por otro lado, las reservas de siniestros representan un pasivo que refleja el costo estimado de siniestros que han ocurrido y no han sido pagados. Estas reservas corresponden al importe total de las obligaciones pendientes de la compañía, derivadas de los siniestros ocurridos previos a la fecha de cierre de la información financiera, su monto se obtiene de la diferencia entre su costo total estimado o cierto y el conjunto de los importes ya pagados por razón de tales siniestros. Entonces, algunos de los aspectos

que se deben tomar en cuenta para la constitución de la reserva de siniestros son (SBS, 2012):

- El monto de reserva debe incluir todos los gastos de gestión, tramitación de expedientes producidos y por producir hasta la total liquidación y pago del siniestro.
- Las cantidades a recuperar de siniestros por acciones que ejerza la compañía frente a las personas responsables del siniestro. Dichas cantidades no se refieren a coaseguros ni deducibles.
- Cada siniestro debe valorarse de manera individual.
- El importe de la reserva de siniestros se clasificará por años de ocurrencia, y se calculará al menos por riesgo de seguro.

Cuando se habla de reservas de siniestros, la LISF (2013) menciona que la reserva a constituirse es la llamada Reserva para Obligaciones Pendientes de Cumplir (OPC), dicha reserva debe cubrir el valor esperado de los siniestros, beneficios, valores garantizados o dividendos, una vez que ocurra la eventualidad prevista en el contrato de seguro. Así pues las reservas para obligaciones pendientes de cumplir serán:

- Por pólizas vencidas y siniestros pendientes de pago;
- Por dividendos y repartos periódicos de utilidades;
- Por siniestros ocurridos y no reportados, y gastos de ajuste asignados a los siniestros.

Para efectos del trabajo de investigación que se elabora, se mencionarán a continuación aspectos de la reserva de siniestros ocurridos no reportados y siniestros pendientes de valuación.

### **3.1.2.1 RESERVA DE SINIESTROS OCURRIDOS NO REPORTADOS**

La Reserva de Siniestros Ocurridos no Reportados (SONOR), corresponde a la provisión que una aseguradora debe constituir, para hacer frente al coste de los siniestros realmente ocurridos en cada ejercicio, pero que aún no hayan sido comunicados a la compañía de seguros antes del cierre de las cuentas del año (Guardiola, 2001).

Además, la reserva SONOR complementa la OPC, y tiene como finalidad reflejar de manera más exacta el valor a pagar por siniestros ocurridos. Dicha reserva está formada por los siniestros conocidos por las aseguradoras, y cuyo importe se establece con base en las estimaciones de los elementos conocidos en cada reclamación. El cálculo de la reserva SONOR, se lleva a cabo con base a la experiencia que tenga la institución de seguros sobre siniestros ocurridos pero no reportados en ejercicios anteriores, permitiendo así que los resultados esperados de la compañía no se vean afectados, provocando problemas relacionados con las utilidades que contablemente se hayan registrado. Es por ello, que el motivo para calcularla descansa en el hecho de que la empresa cuente con las provisiones necesarias para hacer frente a sus responsabilidades, mismas que se han derivado de siniestros ocurridos en periodos contables anteriores, pero no reportados con posterioridad (Elizondo & Guerrero, 1994).

Los siniestros ocurridos pero no reportados, son aquellos eventos que se producen en un intervalo de tiempo, durante la vigencia de la póliza, pero que se conocen con posterioridad a la fecha de cierre o de valuación de un periodo contable. Estos siniestros están constituidos por dos elementos (Sánchez, 2000):

- a) Siniestros ocurridos pero aún no reportados, hacen referencia a siniestros cuya ocurrencia no ha sido reportada, debido a algún tipo de retraso administrativo o por el tipo de contingencia cubierta.
- b) Siniestros ocurridos pero no reportados completamente, son los siniestros ocurridos y reportados pero cuyo costo no está determinado con precisión o está incompleto.

Ambos siniestros ocurren en el mismo periodo y durante la vigencia de la póliza. Habrá que mencionar que algunos de los métodos que permiten calcular la reserva SONOR, consideran el monto total de los siniestros que se espera sean reportados para pólizas cuyos siniestros ocurrieron en el mismo periodo contable; algunos otros estiman porcentajes de siniestralidad total para la misma población de pólizas (Elizondo et al., 1994).

### **3.1.2.2 RESERVA DE SINIESTROS PENDIENTES DE VALUACIÓN**

La Reserva de Siniestros Pendientes de Valuación (SPV)

Deberá corresponder al valor esperado de los pagos futuros de siniestros que, habiendo sido reportados en el año en cuestión o en años anteriores, se pueden pagar en el futuro y no se conozca un importe preciso de éstos por no contar con una valuación, o bien, cuando se prevea que puedan existir obligaciones de pago futuras adicionales derivadas de un siniestro previamente valuado (DOF, 2003).

Dicha reserva, debe ser estimada con el importe bruto de pagos futuros que se deriven de siniestros reportados en el ejercicio en curso o en ejercicios anteriores.

En este caso la valuación de dicha reserva, consiste en una proyección de pagos futuros basada en una estadística de siniestros de años previos, así como en las tendencias y patrones de pagos y registros de dichos siniestros; para ello, la información tendrá que estar organizada, identificando el año en que ocurrió el siniestro (año de origen), y cada uno de los años en que se pagaron los siniestros (años de desarrollo) derivados de un determinado año de origen.

Además, se debe calcular el monto promedio de siniestros pagados en años anteriores, para cada tipo de seguro basándose en la experiencia real de pagos, y el monto promedio que se estime para pagos futuros de esos mismos tipos de siniestros, que podrían ser cubiertos con la reserva de pagos futuros, esto con el fin de complementar la proyección de obligaciones.

### **3.2 REGULACIÓN ACTUAL**

Pese a que la implementación de Solvencia II en el sector asegurador mexicano ya es un hecho, el pilar I de requerimientos cuantitativos aún no se ha adoptado completamente, es por ello que para el cálculo de las reservas técnicas, se siguen utilizando los métodos del esquema de solvencia actual. Dichos métodos deben estar registrados ante la Comisión, mediante la utilización de una nota técnica que incluya, entre otras cosas, las fórmulas y procedimientos del método actuarial con el que la compañía realiza la valuación de la suficiencia de las reservas, así como información estadística que se está

utilizando para la determinación de parámetros, y las hipótesis demográficas, financieras y de cualquier otro tipo que se aplican para llevar a cabo dicha valuación (CUS, 2010).

Cabe mencionar que la anterior circular de seguros, divide los métodos actuariales para la valuación de reservas en función de la operación de seguros de que se trate, sin embargo, para efectos del presente trabajo de investigación, se mencionan los métodos utilizados para la valuación de las reservas de la operación de daños, mismos que se mencionan a continuación.

Entonces, el método actuarial que se utilice para la valuación de la RRC, debe consistir en un modelo que proyecte las obligaciones futuras basadas en las reclamaciones, y beneficios derivados de las pólizas que integran la cartera de seguros, así pues la RRC corresponde al valor esperado de las obligaciones futuras por concepto de reclamaciones y beneficios; dicho valor esperado debe basarse en la proyección de las pólizas en vigor al momento de la valuación, tomando en cuenta únicamente el pago por siniestros y el vencimiento de la vigencia de los contratos, además, debe ser congruente con los patrones de pago observados en la experiencia de la compañía.

Como parte del método, se determinará la suficiencia de la prima de riesgo con base en las reclamaciones ocurridas, y la prima de riesgo devengada de pólizas emitidas en un determinado periodo. En cuanto a las tasas de interés, deberán ser determinadas bajo criterios prudenciales, que permitan a las hipótesis sobre tasas de interés, tener un grado de confiabilidad considerando las políticas y portafolios de inversión de la aseguradora, los riesgos asociados al mismo, la tasa libre de riesgo del mercado, y las expectativas macroeconómicas de las tasas de rendimiento futuras. Acerca de los parámetros de frecuencia y severidad utilizados en la valuación de la RRC, deben determinarse con el importe bruto del pago de beneficios y reclamaciones, para el caso en que se cuente con una cartera con baja frecuencia pero alta severidad, el método debe considerar información de un periodo suficientemente amplio que permita estimar los parámetros descritos apropiadamente.

Adicionalmente, se debe comparar el valor esperado de las obligaciones futuras por concepto de beneficios y reclamaciones, con la prima de riesgo no devengada de las pólizas en vigor, esto con el fin de obtener el factor de suficiencia que se aplicará para el

cálculo de la RRC, el cual nunca podrá ser inferior a uno. Así pues, el ajuste de la reserva por insuficiencia, es el que resulta de multiplicar a la prima de riesgo no devengada, por el factor de suficiencia correspondiente menos uno. Es así que la RRC se obtiene al sumar la prima de riesgo no devengada de las pólizas en vigor, más el ajuste por insuficiencia de la reserva, y la parte no devengada de gastos de administración<sup>3</sup>.

Por lo referente a la SPV, su valuación debe consistir en la proyección de pagos futuros que estén basados en la estadística de siniestros de años anteriores, en las tendencias y patrones de pago, y en el registro de dichos siniestros; para ello, la información estadística debe estar clasificada, identificando el año en que ocurrió el siniestro (año de origen), y cada uno de los años en que se pagaron los siniestros (años de desarrollo), derivados de un determinado año de origen. Simultáneamente, se debe calcular el monto promedio de siniestros pagados en años anteriores, y el monto promedio estimado para pagos futuros del mismo tipo de siniestros, que podrían cubrirse con la reserva estimada para pagos futuros; en caso de que exista una diferencia relevante entre los montos antes mencionados, se tendrá que buscar la justificación para que dicha diferencia exista, de no haberla, se tendrá que realizar un ajuste a la reserva obtenida en la proyección. La SPV debe estimarse con el importe bruto de pagos futuros, derivados de siniestros reportados en el ejercicio en cuestión o anteriores.

Por su parte, para el cálculo de la reserva SONOR se pueden utilizar distintos métodos para proyectar la siniestralidad total en la compañía, siendo el más común el Método de Chain-Ladder o aditivo, cabe mencionar que para el cálculo de la reserva es necesario conocer el monto de primas. Dichos métodos deben estar registrados ante la Comisión, y tendrán que estar revisados y firmados por un actuario certificado, esto en conformidad con el anexo 7.3.1 de la antigua Circular de seguros.

### **3.3 REGULACIÓN BAJO SOLVENCIA II**

Como se ha mencionado con anterioridad, el nuevo esquema de solvencia permite la utilización de métodos y modelos actuariales propios, que reflejen el perfil de riesgo de

---

<sup>3</sup> Se calcula como la parte no devengada correspondiente a la porción de la prima de tarifa anual de cada una de las pólizas en vigor al momento de la valuación.

una compañía de seguros de una manera más precisa. En lo referente a la constitución y valuación de las reservas técnicas, las compañías de seguros tendrán que registrar ante la CNSF, los métodos actuariales en que basen sus estimaciones. Dichos métodos deberán cumplir con los siguientes requisitos (LISF, 2013):

- Cumplir con las disposiciones de carácter general.
- Tendrán que ser elaborados y firmados por un actuario con cédula profesional, y certificación vigente emitida que lo acredite como poseedor de los conocimientos requeridos, en la forma y términos que determine la comisión.
- Poseer dictamen favorable de que se cumple con lo establecido en las disposiciones de carácter general elaborado y firmado por un actuario independiente.

Así pues si la aseguradora opta por la utilización de modelos propios, ésta podrá consultar la circular de seguros, pues en ésta están contenidos los aspectos que se deben tomar en cuenta, para que la compañía ponga en práctica el uso de métodos actuariales y técnicas estadísticas, los cuales para fines de este estudio están enfocados en la constitución, incremento y valuación de las reservas.

Entonces, de acuerdo con la CUSF (2014), el monto de las reservas debe ser igual a la suma de la mejor estimación y de un margen de riesgo. Por lo referente al mejor estimador, se tiene que éste será igual al valor esperado de los flujos futuros de las obligaciones, es decir, la media ponderada por probabilidad de dichos flujos, considerando el valor del dinero en el tiempo con base en las curvas de tasas de interés libres de riesgo del mercado por unidad monetaria.

Para la RRC, el cálculo del mejor estimador se llevará a cabo mediante el uso de métodos actuariales y técnicas estadísticas, además se utilizarán hipótesis realistas así como información confiable, oportuna, homogénea y suficiente, en caso contrario se deberá usar la información del mercado. Así mismo, la proyección de flujos futuros que se utilice en el cálculo del mejor estimador, tendrá que considerar la totalidad de ingresos y egresos necesarios, para hacer frente a las obligaciones de seguro y reaseguro durante todo un periodo de vigencia.

Además, los flujos de ingresos futuros se determinan como, la mejor estimación del valor esperado de los ingresos futuros que tendrá la empresa por concepto de primas (sin considerar las primas vencidas y pendientes de pago), salvamentos, recuperaciones y ajustes por estimaciones de siniestros. Por otra parte, los flujos de egresos futuros harán referencia a la mejor estimación del valor esperado de los pagos, y gastos futuros que debe realizar la compañía por concepto de reclamaciones, y ajustes que se deriven de los riesgos cubiertos, pago de dividendos, pago por rescates, gastos de administración y adquisición; además de esto, dichos flujos deben tomar en cuenta los pagos a beneficiarios y asegurados, los gastos en que la aseguradora incurrirá para hacer frente a las obligaciones asumidas en los contratos, el efecto de la inflación y el del tipo de cambio.

De manera semejante para la SONOR, el mejor estimador se debe calcular basándose en el valor actual de los flujos futuros de pagos de siniestros y los gastos de ajuste respectivos, mismos que deben incluir el monto estimado de salvamentos y recuperaciones asociados a los siniestros. Para obtener el valor actual de los flujos futuros de pagos, se utilizarán como tasas de descuento las que correspondan a la curva de tasas de interés libres de riesgo del mercado. Así pues, el mejor estimador corresponderá al valor esperado de los flujos futuros de pagos.

En relación al margen de riesgo se dice que es el monto que, en conjunto con la mejor estimación, garantizará que el monto de reserva sea suficiente para que la institución de seguros pueda hacer frente a sus futuras obligaciones; se calcula determinando el costo neto de capital, que corresponde a los fondos propios admisibles requeridos para respaldar el Requerimiento de Capital de Solvencia de la compañía durante un periodo de vigencia; para ello se considerará una tasa de costo neto de capital (R) del 10%. Además, se calculará por ramo y tipo de seguro, así como por plazo y moneda.

Para poder calcular el margen de riesgo, se debe llevar a cabo el procedimiento siguiente. En primer lugar, se debe calcular la base de capital (BC), dicho valor será la cantidad que resulte de prorratear el requerimiento de capital de solvencia en congruencia con el riesgo subyacente de pérdidas por desviación, que las obligaciones futuras retenidas pudieran llegar a tener. Cabe mencionar que el cálculo de la desviación de obligaciones futuras, se realizará conforme al procedimiento que la compañía de seguros haya registrado

como parte del método actuarial utilizado. En segundo lugar, se determina la duración de las obligaciones futuras asociadas (DU), mediante las metodologías que haya registrado la compañía. La duración corresponde a una estimación del plazo en que no existan más flujos de obligaciones por vencimiento, reclamación o cancelación de las mismas, considerando el valor presente de los costos futuros de la base de capital asociada a dichas obligaciones. Finalmente, el margen de riesgo es el valor que resulta de multiplicar la tasa de costo neto de capital, por la base de capital determinada, por la duración correspondiente.

$$MR = R * BC * DU$$

En caso de que los modelos no cumplan con los aspectos previamente mencionados, es decir, que el método actuarial no refleje adecuadamente el nivel suficiente de las reservas técnicas de la institución, ésta tendrá un plazo de treinta días para efectuar los ajustes necesarios. Si después de este plazo la compañía no ha hecho los ajustes que se le hayan ordenado, entonces la Comisión le asignará un método actuarial, así como los parámetros financieros y técnicos que la aseguradora deberá emplear.

### **3.3.1 MÉTODO ESTATUTARIO**

El Método Estatutario, es aquel método que sirve de base para que la compañía de seguros calcule y registre contablemente las reservas, en tanto que se realizan los ajustes o se contemplan las hipótesis necesarias para el modelo propio. Entonces, para seguros de las operaciones de daños, accidentes y enfermedades, y vida con temporalidad menor a un año, las aseguradoras tendrán que constituir y valorar sus reservas tomando en cuenta los siguientes pasos (CUSF, 2014):

- I. Las reservas se determinan por cada ramo y tipo de seguro  $k$ , con la información del mercado, de índices de reclamaciones futuras considerando la metodología siguiente:
  - a) Se identifica el monto de primas emitidas originadas en cada año calendario  $i$  ( $PEO_i$ ), es decir, el monto de primas emitidas que provienen de las pólizas que iniciaron su vigencia en el año calendario  $i$ , que hayan estado en vigor en dicho año.

- b) Se deberán determinar y clasificar los montos brutos de las reclamaciones, de dividendos, ajustes, salvamentos y recuperaciones, registrados por año de origen  $i$  y año de desarrollo  $j$  ( $R_{i,j}$ ).
- c) Se calculan los índices de reclamaciones registradas por año de origen  $i$  y año de desarrollo  $j$  ( $F_{i,j}$ ), para ello se divide el monto de reclamaciones, dividendos, netos de ajustes, salvamentos y recuperaciones, registrados en el año de desarrollo  $j$  y de año de origen  $i$ , entre el monto de prima emitida del año calendario  $i$ .

$$F_{i,j} = \frac{R_{i,j}}{PEO_i}$$

Cabe mencionar que se considerarán como años de origen  $i$ , un periodo de  $n$  años correspondientes al menos a los últimos cinco años de experiencia de la compañía y como años de desarrollo  $j$ , un periodo de  $n$  años que deben corresponder al menos a los cinco años posteriores a cada año de origen. Además, se considerará una estadística de índices de reclamaciones identificados por ramo o tipo de seguro, años de origen y de desarrollo que será utilizada para llevar a cabo la simulación de reclamaciones, dividendos, ajustes, salvamentos y recuperaciones futuras. Dichos índices se revisarán durante el primer trimestre de cada año y se actualizarán cuando sea necesario.

II. Se realiza la simulación y estimación de reclamaciones futuras para efectos de la valuación de las reservas bajo el siguiente procedimiento:

- a) Utilizando los índices de reclamaciones registrados, se simularán las reclamaciones futuras de la compañía provenientes del año de origen  $i$  y año de desarrollo  $j$  ( $r_{i,j}$ ), su monto se calculará como el producto del índice de reclamaciones registradas, elegido del conjunto de índices de manera aleatoria ( $F_{i,j}^{stm}$ ), por el monto de primas emitidas originadas en año  $i$ .

$$r_{i,j} = F_{i,j}^{stm} * PEO_i$$

- b) Se calcula el valor de las reclamaciones totales para cada año de origen  $i$ , sumando tanto las reclamaciones conocidas como las simuladas provenientes de dicho año de origen.

$$r_i = \sum_j R_{i,j} + r_{i,j}$$

- c) Se obtiene una estadística de índices de siniestralidad última ( $FS_i$ ), dividiendo en cada simulación el valor de las reclamaciones totales de un determinado año de origen  $i$ , entre la prima emitida originada en dicho año.

$$FS_i = \frac{r_i}{PEO_i}$$

- d) Se determina el mejor estimador del índice de siniestralidad última ( $FS_{BEL}$ ) de la siguiente manera:

$$FS_{BEL} = \frac{1}{N * n} \left( \sum_{k=1}^N FS_1^k + \sum_{k=1}^N FS_2^k + \dots + \sum_{k=1}^N FS_n^k \right)$$

De donde  $N$  es el número de escenarios simulados;  $k$  cada escenario simulado;  $n$  el número de años de origen considerados en la simulación y  $FS_i^k$  es el valor del índice de siniestralidad última obtenido en cada escenario  $k$  para el año de origen  $i$ .

La simulación de este índice debe considerar las iteraciones necesarias para asegurar que la mejor estimación no difiera del 1.0% de su valor verdadero.

- e) Se obtienen factores de devengamiento de obligaciones por siniestros ocurridos pero no reportados, o que no hayan sido completamente reportados, sus gastos de ajuste, salvamentos y recuperaciones ( $FD_i^{SONOR}$ ) de la forma siguiente:

1. Utilizando la estadística consolidada de reclamaciones del mercado, se determinará en términos porcentuales, el valor que la siniestralidad total puede tener, entendiéndose como ésta a la suma de reclamaciones, gastos de ajuste, salvamentos y recuperaciones ocurridas durante los  $n$  años de desarrollo.
2. De igual forma se obtendrá en términos porcentuales el valor de la siniestralidad remanente desde el año  $j$  hasta el año  $n$ , sumando las reclamaciones, gastos de ajuste, salvamentos y rescates registrados en el periodo.

3. Se obtiene el factor de devengamiento del año j, como el porcentaje que resulta de dividir la siniestralidad remanente del año j entre la siniestralidad total.
- f) Se determinan los gastos de administración ( $\alpha$ ) para cada ramo de seguro, como el promedio ponderado de los porcentajes de gastos de administración resultantes de dividir, por año de origen, los gastos anuales de administración observados entre los montos de prima emitida.
- g) Los índices de siniestralidad última serán estimados por la Comisión y proporcionados a las compañías que constituyan sus reservas bajo el método estatutario.

III. La RRC constituida por la aseguradora corresponde al valor que se obtiene de aplicar la siguiente fórmula:

$$RRC = PTND_k(FS_{BEL}^{RRC} + \alpha) + MR$$

Donde  $PTND_k$  es la prima de tarifa no devengada de cada póliza en vigor, entendiéndose como ésta a la prima de tarifa que corresponda a la póliza de que se trate multiplicada por la proporción de tiempo no transcurrido.

Así mismo, se estimará el monto retenido de la desviación de siniestralidad última de la RRC

$$D_{RRC,i} = \sum_{k=1}^n PTND_k(FS_{99.5}^{RRC} - FS_{BEL}^{RRC}) * FR_k$$

De donde  $FR_k$  es el factor de retención de la póliza k y n es el número de pólizas en vigor del tipo de seguro i.

En el caso de seguros dotales, la RRC se determina para cada póliza como la prima de riesgo, más los rendimientos estimados a una tasa equivalente a la tasa técnica utilizada para el cálculo de la prima, incluyendo además la porción no devengada de gastos de

administración y el margen de riesgo. Por otra parte, para las pólizas de seguros multianuales<sup>4</sup> la RRC se constituye de la siguiente manera:

$$PTT = \sum_{k=1}^n v^{k-1} PT_k$$

$$RRC_{t+s} = PT_k s (FS_{BEL}^{RRC} + \alpha) + \sum_{j=t+1}^{n-t} v^j PT_{t+j} (1+i)^s + MR$$

$$s = \left( \frac{365 - d}{365} \right)$$

Donde, PTT es la prima de tarifa total de un seguro multianual,  $PT_k$  es la prima de tarifa que corresponde al año k, y d es el número de días que han transcurrido desde la fecha de inicio de la anualidad hasta la fecha de valuación.

IV. Por otra parte, la reserva SONOR se calcula utilizando la prima emitida devengada en cada uno de los últimos cinco años de operación de la compañía mediante la siguiente fórmula:

$$SONOR = \sum_{i=1}^5 (PTD_i * FS_{BEL}^{SONOR}) * FD_i^{SONOR} + MR$$

De igual manera, se debe calcular el monto retenido de desviación de siniestralidad última de las obligaciones pendientes de cumplir por siniestros ocurridos no reportados, gastos de ajuste, salvamentos y recuperaciones para cada tipo de seguro.

$$D_{SONOR,i} = \sum_{k=1}^5 (PTD_k * (FS_{99.5}^{SONOR} - FS_{BEL}^{SONOR}) * FD_k^{SONOR} * FR_k^{SONOR}$$

Por lo que se refiere al cálculo de las reservas para seguros de las operaciones de daños, accidentes y enfermedades y vida con temporalidad mayor a un año, se tiene lo siguiente (CUSF, 2014):

---

<sup>4</sup> Consiste en cubrir por más de un año un riesgo que es susceptible de cobertura anual, su prima se obtiene como la suma del valor presente de las primas correspondientes a cada uno de los años que constituyen el periodo multianual de aseguramiento.

- I. La RRC corresponde a las pólizas que estén en vigor al momento de la valuación, y se calcula como la diferencia entre el valor estimado actual de los flujos de egresos futuros (VPE) y el valor actual de los flujos de ingresos futuros (VPI)

$$RRC = \sum_{t=1}^n (VPE_t - VPI_t) + MR$$

- II. Los flujos estimados de egresos futuros, corresponden al valor esperado de las obligaciones futuras por concepto de pagos de los beneficios contratados que se derivan del riesgo cubierto ( $b_t$ ), los pagos de dividendos que se asocian con la siniestralidad favorable ( $d_t$ ), pagos por rescates ( $r$ ), gastos de administración ( $ga_t$ ), y de adquisición ( $ca_t$ ), que provienen de los contratos de seguros en vigor, ponderados por la probabilidad de que los egresos ocurran.

$$VPE = \sum_{t=1}^n (b_t * P(b_t) + r_t * P(r_t) + ca_t * P(ca_t) + ga_t * P(ga_t) + d_t * P(d_t)) * v^t$$

$$v^t = \frac{1}{(1 + i_t)^t}$$

- III. Los flujos de ingresos futuros corresponden al valor esperado de los ingresos por concepto de las primas futuras (PT), que paguen los asegurados de conformidad con los contratos de seguros que se encuentren en vigor.

$$VPI = \sum_{t=1}^n (PT_t * P(PT_t)) * v^{t-1}$$

- IV. Para determinar la SONOR, los siniestros deben estar clasificados por año de origen y año de desarrollo, el año calendario en el que se registró la reclamación, y los años calendarios que transcurrieron desde que dicho siniestro haya ocurrido, además se utilizará la prima devengada del año.
- V. Se determina la diferencia entre el valor actual de los flujos estimados de egresos e ingresos futuros, derivados de los contratos de seguros vigentes

durante los años de vigencia de dichos contratos, utilizando la metodología descrita previamente. Basado en lo anterior, se obtiene la desviación de los flujos de ingresos y egresos futuros de cada ramo de seguro de los seguros de largo plazo

$$D_{RRC,i}^{LP} = \sum_{t=1}^n (VPE_{99.5,t} - VPI_{99.5,t}) - \sum_{t=1}^n (VPE_t - VPI_t)$$

Por lo que se refiere al cálculo del margen de riesgo para seguros de la operación de daños, vida y accidentes y enfermedades de largo plazo bajo el método estatutario, la CUSF (2014) menciona lo siguiente:

- I. Se determina la base de capital para la RRC

$$BC_{RRC,i} = \frac{D_{RRC,i}}{\sum_i D_{RRC,i} + \sum_i D_{RRC,i}^{LP} + \sum_i D_{SONOR,i}} * RCS$$

De donde,  $D_{RRC,i}$  es el monto del valor estimado de la desviación de las obligaciones futuras asociadas a la RRC del ramo de seguro  $i$ ;  $D_{SONOR,i}$  es el monto del valor estimado de la desviación de las obligaciones futuras asociadas a la SONOR, así como los salvamentos, gastos de ajuste y recuperaciones de los ramos de seguro  $i$ ;  $D_{RRC,i}^{LP}$  es el valor estimado de la desviación de las obligaciones futuras asociadas a la RRC de largo plazo del ramo de seguro  $i$ .

De igual manera, se calcula la base de capital para la SONOR

$$BC_{SONOR,i} = \frac{D_{SONOR,i}}{\sum_i D_{RRC,i} + \sum_i D_{RRC,i}^{LP} + \sum_i D_{SONOR,i}} * RCS$$

- II. Para las obligaciones futuras asociadas a las reservas la duración es, para la RRC:

$$DU_{RRC,i} = \sum_{t=0}^{n-1} v^t * F_{RRC}(t)$$

$$F_{RRC}(t) = \frac{(\sum_{k=t}^n f_{RRC}(k))}{(\sum_{k=1}^n f_{RRC}(k))}$$

De donde,  $F_{RRC}(t)$  es una estimación de la proporción de obligaciones que se espera mantener en persistencia hasta el año  $t$  como parte de las obligaciones del ramo de seguros de que se trate;  $f_{RRC}(k)$  es el flujo de obligaciones estimadas en el año  $k$  que corresponden a la RRC. De igual forma se obtiene la duración asociada a la SONOR.

$$DU_{SONOR,i} = \sum_{t=0}^{n-1} v^t * F_{SONOR}(t)$$

$$F_{SONOR,i}(t) = \frac{(\sum_{k=t}^n f_{SONOR,i}(k))}{(\sum_{k=1}^n f_{SONOR,i}(k))}$$

III. Ahora pues, el margen de riesgo para la RRC y la SONOR se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$MR_{RRC,i} = R * BC_{RRC,i} * DU_{RRC,i}$$

$$MR_{SONOR,i} = R * BC_{SONOR,i} * DU_{SONOR,i}$$

Las reservas constituyen el pasivo más importante de una aseguradora, y determinan la posibilidad de que la compañía siga operando en el largo plazo, es por ello que la nueva directiva de Solvencia II implementa el uso de simulaciones, es decir, métodos estocásticos para la obtención de las provisiones técnicas de que se trate, con la finalidad de tener resultados más precisos al momento de realizar las valuaciones.

El presente trabajo se centra en la obtención del mejor estimador (BEL) para una Reserva de Siniestros Ocurridos No Reportados, bajo las metodologías Bootstrap y Chain-Ladder, de las cuales se hablará de manera más detallada en el capítulo siguiente.

## CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del presente trabajo, se ha mencionado que la nueva directiva de Solvencia II descansa sobre tres pilares fundamentales, en los cuales están sentadas las bases de acción, para asegurar la solvencia y por ende la permanencia de la aseguradora en el mercado. Como se mencionó anteriormente, el Pilar I se enfoca en los “Requerimientos Cuantitativos”, es decir, busca implantar un proceso de análisis de reservas, activos y pasivos que serán necesarios para cumplir con las obligaciones asumidas por la compañía, tomando en cuenta los diferentes riesgos a los que está expuesta.

Partiendo del punto anterior, no es de extrañarse que el rol que desempeñan las reservas dentro de la compañía sea de suma importancia, ya que mediante la valuación de las mismas, se estaría obteniendo el monto que las aseguradoras pagarían por transferir de inmediato las obligaciones a otra empresa. Cabe mencionar que cuando se hace la constitución de la reserva, se quiere evitar el incurrir en el “Riesgo de Reserva”, conocido como la probabilidad de que el monto que haya sido constituido como reserva de Sinistros Ocurridos No Reportados (SONOR), sea insuficiente para hacer frente a las obligaciones contraídas. Entonces para hacer frente a dicho riesgo, es necesario calcular el Requerimiento de Capital de Solvencia (RCS), como la diferencia entre el percentil 99.5% de las distribución de la variable aleatoria del monto de reserva y la reserva constituida correspondiente (AMIS, 2010).

$$RCS = X_{99.5\%} - (BEL + MR)$$

Las consecuencias de hacer una valuación incorrecta de las reservas repercute principalmente en tres aspectos (Esteva & Balderas , 2014):

- **Tarificación:** pues las tarifas que hayan sido calculadas basadas en reservas inexactas, pueden ser excesivas o insuficientes.
- **Impuestos:** una correcta determinación de utilidades depende en gran manera de una correcta estimación de reservas.
- **Solvencia:** si a lo largo de varios periodos existe una subvaloración de reservas, se puede caer en una situación de insolvencia.

Para poder llevar a cabo el cálculo del monto de reserva se parte de la utilización de triángulos de siniestralidad, dichos triángulos son el primer paso para poder aplicar alguna metodología, que a la larga ayude a constituir la reserva que la compañía requiere. Es así que durante el desarrollo de este capítulo, se plasmará de una forma más detallada, lo referente a los métodos que se pueden utilizar para realizar la valuación de una reserva.

#### 4.1 TRIÁNGULOS DE SINIESTRALIDAD

Los triángulos de siniestralidad son la base para el cálculo de la reserva asignada a cada cartera, y se pueden definir como una distribución bidimensional de información histórica de siniestros. Así mismo, las dimensiones con las que cuenta son: el “año de ocurrencia u origen” que se ubica en el eje vertical, y el “año de desarrollo o reporte” ubicado en el eje horizontal. A medida que los siniestros son más recientes la información se va reduciendo, motivo por el cual la matriz resultante tiene una forma triangular o de escalera. Estos triángulos permiten analizar el desarrollo de la siniestralidad a lo largo del tiempo, y sirven de base para determinados métodos de cálculo de las provisiones técnicas (MAPFRE, 2015).

Tabla 1: Triángulo de Siniestros

Año Origen	Año de Desarrollo						
	1	2	...	j	...	n-1	n
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,j}$	...	$C_{2,n-1}$	
...	...	...	...	...	...		
i	$C_{i,1}$	$C_{i,2}$	...	$C_{i,j}$			
...	...	...	...				
n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$					
n	$C_{n,1}$						

Fuente: Álvarez, 2012 p.127

Donde  $C_{i,j}$  representa el total de siniestros ocurridos en el año  $i$  que se han reportado en el año  $j$ , es decir,

$$C_{i,j} = \sum_{h=1}^j X_{i,h} \quad (j = 1, 2, \dots, n \quad j \leq i)$$

Donde  $X_{i,h}$  es el monto de siniestro reportado en el año  $h$  correspondiente a los siniestros ocurridos en el año  $i$ .

Cabe mencionar que los triángulos podrán generarse de manera anual, trimestral o mensual, dependiendo de los datos disponibles y de las características de las coberturas. Los triángulos mensuales reflejan un movimiento de siniestros más detallado, sin embargo el tiempo de análisis y selección de resultados es mayor. Por otro lado, las agrupaciones trimestrales permiten estimar las reservas principalmente para efectos de reportes financieros de manera oportuna. Por último, el análisis que se realiza bajo triángulos anuales generalmente es para riesgos que llegan a tener colas largas (Esteve et al., 2014).

De acuerdo con la AMIS (2010), al utilizar métodos de triángulos se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Tienen una gran dependencia de la volatilidad de su última observación, pues a partir de ésta es que las proyecciones de reserva son calculadas.
- Se sigue el supuesto de que el comportamiento histórico podrá predecir el comportamiento futuro.
- Los triángulos no recogen inmediatamente los cambios en la estructura de riesgos.
- Todos los métodos parten del supuesto de que el cálculo de la reserva se hace mediante el método Chain-Ladder.

Existen diferentes metodologías que pueden ser utilizadas por las compañías para el cálculo de las reservas, sin embargo, éstas utilizarán la que mejor se adapte tanto a la estructura de su negocio, como a la experiencia siniestral que posea.

## 4.2 REGRESIÓN LINEAL

La regresión lineal, es una técnica estadística que tiene por objeto investigar la relación funcional entre dos o más variables ajustando algún modelo matemático, es decir, se debe averiguar la relación que existe entre una variable dependiente ( $y$ ) y una o más variables independientes ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ).

Debido a la simplicidad del modelo, no es de extrañarse que se utilice la relación lineal como una forma de representar la relación entre variables. Es entonces que para representar la relación entre dos variables, se utiliza una línea recta representada por la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + e$$

Los coeficientes  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son parámetros que definen la posición e inclinación de la recta, los cuales indican el valor de ( $y$ ) cuando el valor de ( $x$ ) es cero, y cuánto aumenta ( $y$ ) por cada aumento de una unidad en ( $x$ ). Es entonces que el problema de la regresión lineal, radica en la obtención de los parámetros antes mencionados a partir de una muestra de observaciones de ( $x$ ) y ( $y$ ), dichas estimaciones se obtienen a través del método de mínimos cuadrados.

Un punto que se debe considerar es que el valor calculado de ( $y$ ), es decir ( $\hat{y}$ ), rara vez coincidirá exactamente con el valor real de ésta, por lo cual al modelo se le debe agregar un término de error, tratando de que éste a su vez sea el más pequeño. El término de error se obtiene de la diferencia entre el valor real y el valor calculado.

De manera matricial, el modelo de regresión está representado por la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = X\beta + \varepsilon$$

En donde  $X$  es la matriz de observaciones de variables independientes,  $\beta$  el vector de coeficientes de regresión, y  $\varepsilon$  el vector de términos de error. Cabe mencionar que se habla de un modelo de regresión múltiple cuando existe más de un regresor, es decir, la variable dependiente puede ser explicada por un conjunto de  $k$  variables.

En concreto, el procedimiento que se sigue en esta metodología es la siguiente:

- Se define el objeto de estudio, es decir, se identifican las variables dependientes e independientes, y se obtiene una muestra de observaciones.
- Se realiza un análisis gráfico para conocer la manera en que se relacionan las variables dependientes y sus respectivos regresores, dichos regresores no solo pueden ser lineales, sino también pueden ser el cuadrado, el logaritmo o el exponencial de alguna variable.
- Se propone el modelo a utilizar. En este punto se considera el uso de variables categóricas y artificiales que se requieran para modelar el tipo de información con la que se trabaje.
- Se estiman los parámetros por el método de mínimos cuadrados, y se procede a evaluar el modelo mediante el uso de distintas pruebas estadísticas como son el análisis residual, prueba de varianza constante y prueba de normalidad.
- Una vez que se acepta el modelo, se procede a elaborar pronósticos que permitan conocer la forma en que se comportará la variable objeto de estudio.

Esta metodología se utilizará para calcular más adelante los factores de desarrollo, que permitan proyectar la siniestralidad de una compañía de manera que se estime el valor de una reserva.

### **4.3 METODOLOGÍA CHAIN-LADDER**

La metodología Chain-Ladder, es un método estadístico para el cálculo de la provisión de prestaciones, que se basa en el análisis de los triángulos de siniestros (MAPFRE, 2015). Está basado en el uso de información histórica disponible respecto de los siniestros conocidos por la compañía.

Este método realiza una extrapolación de los siniestros futuros a partir de los siniestros conocidos, mediante el uso de factores de multiplicación mejor conocidos como “Factores de Desarrollo”, dichos factores se utilizan a manera de pronosticar la parte faltante (desconocida) del triángulo de siniestralidad. Entonces, la reserva resulta de la diferencia entre los siniestros finales pronosticados menos los últimos siniestros conocidos, es decir, los últimos valores conocidos de la matriz triangular (Mercado Asegurador, 2014).

Para obtener el monto de reserva bajo el método Chain-Ladder se siguen los siguientes pasos:

- a) A partir del triángulo de siniestros, se obtienen los factores de desarrollo para cada periodo como se muestra a continuación:

Tabla 2: Cálculo de los Factores de Desarrollo bajo Chain-Ladder

Año Origen	Año de Desarrollo						
	1	2	...	j	...	n-1	n
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,j}$	...	$C_{2,n-1}$	
...	...	...	...	...	...	...	
i	$C_{i,1}$	$C_{i,2}$	...	$C_{i,j}$	...		
...	...	...	...	...	...		
n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$	...				
n	$C_{n,1}$						

$$f_1 = \frac{C_{1,2} + \dots + C_{n-1,2}}{C_{1,1} + \dots + C_{n-1,1}}$$

Factores de Desarrollo	$f_1$	$f_2$	...	$f_j$	...	$f_{n-1}$
------------------------	-------	-------	-----	-------	-----	-----------

Fuente: Elaboración Propia

Entonces de manera general, para obtener los factores de desarrollo se utiliza la siguiente fórmula:

$$f_k = \frac{\sum_{i=1}^{j-k} C_{i,k+1}}{\sum_{i=1}^{j-k} C_{i,k}}$$

- b) Los últimos valores conocidos (ubicados en la diagonal de la matriz triangular) se multiplican por el factor correspondiente, es decir:

Tabla 3: Obtención de Futuros Siniestros

Año Origen	Año de Desarrollo						
	1	2	...	j	...	n-1	n
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,j}$	...	$C_{2,n-1}$	
...	...	...	...	...	...	...	
i	$C_{i,1}$	$C_{i,2}$	...	$C_{i,j}$	...		
...	...	...	...	...	...		
n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$	...				
n	$C_{n,1}$						

$\hat{C}_{n,2} = C_{n,1} * f_1$

Factores de Desarrollo	$f_1$	$f_2$	...	$f_j$	...	$f_{n-1}$
------------------------	-------	-------	-----	-------	-----	-----------

Fuente: Elaboración Propia

- c) Al último valor pronosticado se le resta el ultimo valor conocido, es decir, la diagonal del triángulo de siniestros

Tabla 4: Diferencias entre valores conocidos y pronosticados

Año Origen	Año de Desarrollo							Diferencias
	1	2	...	j	...	n-1	n	
1	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$	-----
2	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	...	$C_{2,j}$	...	$C_{2,n-1}$	$\hat{C}_{2,n}$	$\hat{C}_{2,n} - C_{2,n-1}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
i	$C_{i,1}$	$C_{i,2}$	...	$C_{i,j}$	...	...	$\hat{C}_{i,n}$	$\hat{C}_{i,n} - C_{i,j}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$	...	...	...	...	$\hat{C}_{n-1,n}$	$\hat{C}_{n-1,n} - C_{n-1,2}$
n	$C_{n,1}$	...	...	...	...	...	$\hat{C}_{n,n}$	$\hat{C}_{n,n} - C_{n,1}$

Fuente: Elaboración Propia

- d) Finalmente se realiza la suma de las diferencias obtenidas, dicho resultado corresponderá a la siniestralidad total, es decir, el monto de reserva también conocido como ultimate.

#### 4.4 METODOLOGÍA BOOTSTRAP

La metodología Bootstrap permite generar una distribución estadística de los datos que se estén estudiando. Fue desarrollada por Bradley Efron alrededor de los años ochenta, está basada completamente en la distribución empírica, y consiste en aproximar la precisión de un estimador a partir de una muestra de datos (Kisbye, 2010).

De igual manera, la AMIS (2010) menciona que el Bootstrap es un método de remuestreo utilizado para aproximar el sesgo o la varianza de un estadístico, así como para construir intervalos de confianza, o realizar contrastes de hipótesis sobre parámetros de interés.

Esta técnica consiste en extraer, de una muestra inicial, un número grande de muestras aleatorias con reemplazo de tamaño  $n$ , de tal forma que los datos de la muestra original pueden o no aparecer, e incluso aparecer de manera repetida en las sucesivas muestras generadas. Estos valores forman una distribución de frecuencias que permitirán obtener estimadores de la muestra como son: media, varianza, desviación estándar, sesgo, entre otras (Álvarez, 2012). De manera más formal,  $F$  es una función de distribución,  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  es el vector de datos de la muestra original tal que  $X \sim F$ , es decir, son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas,  $(X^{*1}, X^{*2}, \dots, X^{*n})$  es la muestra que corresponde a las extracciones aleatorias de la muestra original y  $\hat{\theta}^{*i} = \hat{\theta}(X^{*1}, X^{*2}, \dots, X^{*n})$  es el estadístico de interés.

Es entonces que la idea subyacente del método Bootstrap es la siguiente: se considera que los datos muestrales constituyen los datos de toda la población de estudio (universo) a partir de la cual se extraen las muestras con reemplazo, es así que para cada remuestreo se calcula el valor del estimador Bootstrap, que se utilizará para estimar la variabilidad muestral (López & Oliden, 2004).

Tomando en cuenta que el hecho de conocer los datos contenidos en la muestra no es equivalente a conocer la forma en que se distribuyen los mismos, Solanas & Sierra (1992), mencionan que la técnica Bootstrap puede ser:

- **No paramétrica:** En este punto, los valores correspondientes a la muestra permiten obtener la distribución empírica, constituyendo así la estimación no paramétrica de máxima verosimilitud de la función de distribución  $F$ .

- **Paramétrica:** Hace referencia a las ocasiones en que se conoce de manera previa la función de distribución que corresponde a la variable aleatoria objeto de estudio, aunque se desconozcan los parámetros de la misma.
- **Suavizada:** Partiendo del hecho de que el estadístico supone la continuidad de F (función suave y derivable en todos sus puntos) o posee información adicional que apoya su continuidad, y debido a que una distribución empírica es escalonada (presenta discontinuidades), se tomará en cuenta el supuesto de que F se asemeja parcialmente a una función de distribución derivable en todos sus puntos, a la cual se le denominará  $\hat{F}^s$ , donde s representa las posibles funciones de distribución suaves, es entonces que la mejor estimación para la distribución de F surge de la convolución de las funciones de distribución  $\hat{F}^s$  y  $\hat{F}_n$ .

Una vez dicho esto, los pasos para el bootstrap son (Solanas et al., 1992):

1. Se selecciona un estadístico de interés como lo es media, mediana, varianza, etc.
2. Se obtiene una muestra de n variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas (v.a.i.i.d).
3. Mediante el uso de números aleatorios, se procede a la obtención de valores para la variable aleatoria de estudio. Después, se realizan iteraciones n veces, con la finalidad de obtener un conjunto de datos que conformarán la denominada muestra bootstrap. Ya que se cuenta con la muestra se procede a obtener el estadístico de interés.
4. Se repite el paso anterior el número de veces que se determine, denotado por la letra b, para obtener la cantidad correspondiente de estimaciones del estadístico.
5. Una vez que se han generado las distintas muestras bootstrap se procede a realizar las diferentes estimaciones de parámetros de interés y del error estadístico.

Las estimaciones del error estadístico más relevantes son:

- Desviación estándar o error estándar

$$\hat{\sigma}_{boot} = \sqrt{\frac{1}{b-1} \sum_{i=1}^b (\hat{\theta}^{*i} - \hat{\theta}^*)^2}$$

- Media de la distribución muestral bootstrap

$$\hat{\theta}^* = \sum_{i=1}^b \frac{\hat{\theta}^{*i}}{b}$$

- Sesgo del estadístico

$$Sesgo_{boot}(\hat{\theta}) = \hat{\theta}^* - \hat{\theta}$$

- Intervalos de confianza

$$IC = \hat{\theta} \pm Z_{\alpha/2} * \hat{\sigma}_{boot}$$

#### 4.4.1 APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA BOOTSTRAP

Debido a que el método Bootstrap es una técnica de remuestreo, que permite resolver problemas de estimación de intervalos de confianza, o pruebas de significancia estadística, no es de extrañarse que se utilice en diversas disciplinas, debido a que una de sus principales ventajas radica en que se puede prescindir de supuestos relativos a una determinada distribución teórica, y mediante el uso de una cierta muestra se pueda estimar de manera inductiva la distribución de la misma (Ledesma, 2008).

Los métodos bootstrap no solo se aplican al contexto actuarial, sino también en otras áreas, como es el caso de Vinuesa (2008), donde en su trabajo realizó estudios encaminados a la Inferencia Filogenética Molecular, en el cual menciona que describir una secuencia de DNA carece en sí misma de significado, mientras que si se le pone un cierto porcentaje de identidad entre las cadenas que la integran, se puede ver de manera más intuitiva el “grado de parentesco”. Lo que se busca entonces es minimizar el desfase entre la distancia evolutiva<sup>5</sup>, y la distancia topológica<sup>6</sup> a través de la utilización de métodos como es el de mínimos cuadrados, mismo que permite encontrar la combinación de valores que maximice el ajuste entre las distancias mencionadas, así mismo, utiliza el método bootstrap para estimar el error de muestreo, y recrear un nuevo árbol que resume la información topológica recuperada de las pseudoréplicas bootstrap, las cuales

---

<sup>5</sup> Hace referencia a las diferencias en la secuencia de aminoácidos o nucleótidos de macromoléculas homólogas aisladas de cada uno de ellos (González, 2009).

<sup>6</sup> Para el caso de este estudio se busca una distancia topológica ultramétrica, es decir, las distancias se ajustan biológicamente, dicho de otra manera, las cadenas que integran la secuencia deben ser equidistantes entre sí (Vinuesa, 2008).

indicaban que las biparticiones de la filogenia estaban altamente justificadas según las proporciones (porcentajes) de bootstrap.

De igual modo, Correa (2004) utilizó un método bayesiano bootstrap para estimar el percentil 85<sup>7</sup> en la ingeniería de tránsito. En dicho estudio se realiza la estimación del percentil antes mencionado, a través de diversos métodos tanto paramétricos como no paramétricos, mismos que podrán ser utilizados de acuerdo a las condiciones que se presenten en un caso particular, conforme a la información y conocimientos previos del ingeniero de tránsito, sin embargo, el autor concluye con la propuesta de utilizar el método bayesiano bootstrap, debido a que el poder resumir la información en una distribución de probabilidad es un problema que no cuenta con una solución única y clara, por lo cual el método permite realizar inferencias inclusive sin haber obtenido una muestra, mediante la selección de distribuciones a priori que reflejan poco conocimiento, pero que en términos de una distribución normal muestran una gran varianza, hasta distribuciones a priori con varianzas muy pequeñas, es decir, que reflejan el uso de una buena información previa.

Así mismo, López et al., (2004) realizaron un trabajo cuyo objetivo era la utilización del método bootstrap no paramétrico, para obtener los errores estándares e intervalos de confianza para el coeficiente de determinación ( $R^2$ )<sup>8</sup>. Las estimaciones resultaron ser razonablemente precisas, particularmente en los casos en los que el ratio entre el número de sujetos y el de variables es adecuado, además, la eficiencia de los intervalos de confianza fue sensible a las condiciones mencionadas.

Por su parte, Hernández & Martínez (2012) utilizaron la metodología bootstrap para evaluar la incertidumbre<sup>9</sup> de un problema propuesto en la Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (GUM). Con dicho estudio pudieron comprobar que el utilizar la

---

<sup>7</sup> El percentil 85 en ingeniería de tránsito también conocido como “Velocidad de Funcionamiento” hace referencia a la velocidad que el conductor tiende a adoptar de acuerdo con el entorno de la carretera por la que se transita (MetroCount, 2006).

<sup>8</sup> Índice utilizado en el contexto de los modelos de regresión para evaluar la bondad de ajuste del modelo (López et al., 2004).

<sup>9</sup> Parámetro asociado al resultado de una medida, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mesurado (Pérez, 2012).

técnica bootstrap proporciona mejores resultados que el método clásico, pues en este último es necesario conocer la función de distribución de la variable de estudio.

Por lo que se refiere a la aplicación del método bootstrap en la ciencia actuarial, de manera específica, en el cálculo de reservas, Álvarez (2012) utilizó el método Chain-Ladder para la estimación puntual de la reserva de una compañía aseguradora, y el método bootstrap para una estimación por intervalos. El procedimiento de este estudio permite realizar inferencias y estimaciones, incluso desconociendo la función de la variable de estudio y sin tener que realizar ningún tipo de supuesto, el método parte de los datos históricos conocidos, y las estimaciones se obtienen basándose en la experiencia siniestral de cada compañía, sin embargo, la metodología presupone que no se producirán modificaciones temporales en la estructura de los pagos. El autor menciona que la utilización del bootstrap es necesaria, debido a que se desconoce la función de distribución de los pagos realizados anualmente, y resalta que cada compañía debe estimar las reservas y provisiones atendiendo a la estructura de su negocio o su experiencia siniestral.

Igualmente, Kikuchi & Guillén (2010), utilizaron dos variantes del método bootstrap (bootstrap montos y bootstrap factores) para calcular el riesgo de reserva de una cartera de seguros del ramo de autos. En dicho estudio se llegó a la conclusión de que el método bootstrap factores es más sencillo que el bootstrap montos, además de que considera la variabilidad de cada periodo de desarrollo, mientras que el otro método sobrevalora la variabilidad, misma que resulta en un percentil 99.5 muy elevado.

Habría que decir también que Villanueva (2015), realizó un estudio en el cual hace una comparación entre métodos determinísticos, como el Chain-Ladder y estocásticos como el Bootstrap para el cálculo de reservas. Por un lado los métodos determinísticos o mecánicos, suponen que la proporción de siniestros que se reportan de un periodo de desarrollo a otro se mantiene, no presentan patrones probabilísticos para la obtención de resultados, su aplicación es sencilla y suponen una mecánica exacta del proceso; por otro lado, los métodos estocásticos presentan un patrón de variabilidad y proporcionan un tipo de estimación en la que se obtiene la distribución estadística de la reserva. A pesar de puntualizar las diferentes técnicas y supuestos, para poner en práctica cada método descrito, menciona que es recomendable aplicar más de un método en el cálculo

de la reserva, esto con la finalidad de comparar resultados, o en caso de ser necesario combinar los métodos para obtener una estimación más adecuada y confiable. El método a utilizar dependerá del responsable de la obtención de las reservas.

De igual manera, Alonso & Albarrán (2007), utilizaron el método Bootstrap para la obtención de una reserva. En su estudio comparaban los resultados obtenidos con la técnica Bootstrap, y los resultados obtenidos con el Chain-Ladder en escenarios afectados por la inflación. Años más tarde, Alonso et al. (2010), retomaron los estudios de England y Verral cuyo trabajo, publicado en 1999, ha marcado la puesta en práctica del Bootstrap, además reprodujeron los ejemplos propuestos por los autores antes mencionados; en este segundo trabajo implementaron el estudio de métodos de credibilidad bayesiana para el cálculo de reservas.

Así mismo, Boj, Costa, & Espejo (2014) mencionan que los modelos estocásticos, proporcionan una estimación de la reserva, además de que añaden formulaciones sobre errores de predicción, y otras medidas que amplían la información que no se obtiene con métodos deterministas. En su estudio, utilizaron el método bootstrap para calcular los errores de predicción, los cuales permiten conocer acerca de la incertidumbre de los pagos futuros que se deben afrontar en periodos próximos, permitiendo añadir márgenes de solvencia. A través de dicho método, se estimó la distribución predictiva de las reservas individuales, por años de origen, por años de calendario y total a través de las cuales calcularon estadísticos como la media, desviación estándar, cuantiles, entre otras. Una vez hecho lo anterior, se llegó a la siguiente conclusión: la distribución predictiva estimada mediante bootstrap, interviene mediante el error estándar de la distribución modificada posteriormente por sesgo, ocasionando así que aunque la distribución predictiva proporciona información estadística sobre las estimaciones con la desviación típica de las  $B$  muestras, ésta no será suficiente para el cálculo del error de predicción del modelo.

Finalmente, cabe mencionar que existen diferentes versiones de la técnica Bootstrap que pueden ser empleadas por las aseguradoras, para estimar los montos de reserva necesarios para llevar a cabo sus operaciones habituales, sin embargo para los fines del presente trabajo de investigación solo se considerarán las tres metodologías que se describen a continuación.

#### 4.4.1.1 METODOLOGÍA BOOTSTRAP MONTOS

Los pasos a seguir para el Bootstrap montos son los siguientes:

- Partiendo del triángulo de siniestros, se obtienen los factores de desarrollo como en la metodología Chain-Ladder
- Con los factores de desarrollo obtenidos, se crea un nuevo triángulo de siniestros ajustado. Para ello, se dividen los montos del triángulo original entre el factor de desarrollo correspondiente, empezando por el último monto y hasta llegar al año de desarrollo 1.
- Se procede a elaborar los triángulos de siniestros incrementales, tanto para el triángulo original como para el ajustado. Dichos triángulos se obtienen de la siguiente manera:

$$\text{Monto Incremental} = \text{Monto del año actual} - \text{Monto del año anterior}$$

- A partir de los triángulos incrementales obtenidos, se construye una muestra que se utilizará en el método. Los nuevos valores del triángulo se obtendrán de la diferencia entre los valores de los triángulos incrementales, es decir,

$$\text{Valor Incremental Ajustado} - \text{Valor Incremental Original}$$

Una vez obtenida la muestra se procede a aplicar el método Bootstrap.

- Se enlistan en una columna los valores obtenidos en el triángulo de diferencia para elaborar un remuestreo, de tal forma que los valores obtenidos se ubiquen en un nuevo triángulo denominado “Muestras de Diferencias”.
- Con el triángulo de muestras de diferencias, se procede a obtener un triángulo de montos incrementales “simulado”, para ello, a los valores del triángulo de diferencias se le suman los valores del triángulo incremental original.
- A partir del triángulo incremental simulado se construye un triángulo de montos acumulados.
- Utilizando el método Chain-Ladder, se obtienen nuevos factores de desarrollo y se procede a completar el triángulo acumulado. Con el triángulo completado se obtienen las reservas por año, la suma de las reservas será la reserva total.

#### 4.4.1.2 METODOLOGÍA BOOTSTRAP FACTORES

Para llevar a cabo este método se siguen los pasos que se enlistan a continuación:

- Una vez creados los triángulos de siniestros acumulados se obtienen los factores de desarrollo de manera individual, es decir

$$f_k = \frac{M_{j,k+1}}{M_{j,k}}$$

De donde  $M_{j,k+1}$  es el siniestro acumulado del año de desarrollo  $k+1$  y  $M_{j,k}$  es el siniestro del año  $k$ .

- Una vez obtenido el nuevo triángulo de factores individuales, se procede a obtener una muestra aleatoria por columna para rellenar los factores de desarrollo faltantes, a manera de completar la matriz de siniestros y poder aplicar el método Bootstrap.
- A partir de la matriz de factores que se acaba de formar, se procederá a completar el cuadro de montos, para ello se multiplica el monto del triángulo por el factor de desarrollo siguiente

$$M_{j,k} = M_{j,k-1} * f_k$$

- Finalmente el monto de reserva total se obtendrá a como se explicó en el método Chain-Ladder, es decir, la reserva será la suma de las diferencias entre el último monto pronosticado y el último monto conocido del triángulo original.

#### 4.4.1.3 METODOLOGÍA BOOTSTRAP MONTOS AJUSTADOS POR VARIANZA

Pese a que los métodos anteriores pueden ser utilizados para el cálculo de la reserva, la AMIS (2010) desarrolló un método Bootstrap con montos ajustados por varianza, esto con el fin de eliminar algunos problemas que se tenían con los métodos antes mencionados, ya que el percentil 99.5% de la reserva es inferior a la reserva Chain-Ladder bajo el Bootstrap Factores, mientras que lo es extremadamente grande bajo Bootstrap Montos, es en este punto cuando el RCS se encuentra imposible de cubrir con recursos actuales.

Es así que para este método se lleva a cabo lo siguiente:

- De los triángulos de siniestros acumulados, se obtienen los factores de desarrollo para cada periodo bajo el método Chain-Ladder.
- Se crea un triángulo de siniestros ajustado, los montos acumulados ajustados se calculan hacia atrás, para ello se parte del último valor conocido en el triángulo original y se divide entre el factor de desarrollo correspondiente, es decir:

$$C_{i,j} = C_{i,j+1} * f_j$$

- Una vez que se obtiene el triángulo ajustado, se procede a generar triángulos incrementales, tanto para el triángulo de siniestros original como para el ajustado de la siguiente manera.

$$D_{i,j} = C_{i,j} - C_{i,j-1}$$

- Se calculan los residuales entre los triángulos incrementales, para lo cual se resta de cada monto incremental observado el monto incremental ajustado.
- Se procede a calcular un triángulo de “Residuales Estandarizados”, los cálculos se harán por columna de la siguiente manera. En primer lugar, se obtiene el estimador de la varianza de los residuales en cada columna (MSres), dicho valor es la suma de los cuadrados de los residuales divididos entre los grados de libertad correspondientes, los cuales corresponderán al número de residuales menos uno. Una vez hecho esto, el residual estandarizado, será aquel que resulte de dividir cada uno de los residuales entre la raíz del MSres correspondiente a la columna (desviación estándar de los residuales).
- Se realiza un remuestreo de los residuales estandarizados, y los valores que se obtengan se multiplicarán por la desviación estándar antes calculada.
- Se obtiene un nuevo triángulo conocido como pseudo triángulo incremental, para ello se suman los valores del triángulo incremental de siniestros ajustado, y los valores que se obtuvieron en el punto anterior.
- Una vez realizado el pseudo triángulo incremental, se procede a obtener el pseudo triángulo acumulado. A partir de este último se obtienen los factores de desarrollo por periodo, se completa la matriz de siniestros hasta obtener el monto acumulado estimado para el último año de desarrollo.
- Posteriormente, se realiza el cálculo de la reserva bajo Chain-Ladder, para lo cual, se resta del monto acumulado final del pseudo triángulo acumulado el último

monto observado para dicho año de ocurrencia del triángulo ajustado original. Esto se realiza a partir del segundo año. Una vez que se obtienen los valores mencionados, se suman para obtener la reserva total.

#### 4.5 APLICACIÓN DEL MODELO

En esta sección, se explicará la manera en que se aplicaron los distintos métodos mencionados hasta ahora en el presente capítulo. Es entonces, que para realizar el cálculo de la reserva de Siniestros Ocurridos No Reportados (SONOR), en primer lugar se elaboró el triángulo de siniestros acumulados, el cual es la base para la aplicación de cualquier método descrito previamente.

Para empezar, se trabajó con una base de datos que contenía información de los siniestros registrados por una compañía de seguros. Así pues, a través del uso de tablas dinámicas, se extrajo de dicha base la información referente al número de póliza que se había siniestrado, la fecha de ocurrencia y reporte del siniestro, y el monto del mismo. Lo anterior con la finalidad de crear un triángulo de siniestros que reflejara la experiencia siniestral de la aseguradora. La información histórica de siniestros se puede apreciar en la siguiente figura:

Tabla 5: Triángulo de Siniestros

		Triángulo Original																	
		Año de Desarrollo																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
Año de Origen	1	17,933,929.87																	
	2		7,237,262.55																
	3			1,549,217.26															
	4				566,696.66														
	5					351,533.95													
	6						268,094.39												
	7							117,846.76											
	8								83,410.61										
	9									0.00									
	10										16,650.11								
											982,711.06								
												2,033,672.82							
													3,203,950.67						
														7,690,829.60					
															8,348,404.02				
																14,295,667.90			
																	30,120,954.29		
																		47,783,296.77	
																			292,986,509.9

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que lo que se pretende es poder identificar el monto de siniestros que se hayan reportado en el mismo periodo en que ocurrieron, es necesario que se invierta la matriz

triangular que se venía manejando. Para realizar esto, el periodo de reporte se obtuvo de la diferencia entre la fecha de reporte y la fecha de ocurrencia, resultando el triángulo siguiente:

Tabla 6: Triángulo de Siniestros Invertido

Triángulo de Siniestros Acumulados											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	17,933,929.87	7,237,262.55	1,549,217.26	566,696.66	351,533.95	268,094.39	117,846.76	83,410.61	0.00	16,650.11
	2	174,733,430.21	21,784,552.06	7,221,884.47	4,326,314.12	1,954,787.88	1,261,228.11	938,069.99	1,401,474.21	982,711.06	
	3	218,983,518.59	34,366,817.19	11,709,021.71	8,006,345.07	4,099,235.68	3,729,851.55	2,279,223.14	2,033,672.82		
	4	273,146,406.32	57,798,502.76	34,080,098.12	13,865,730.37	7,849,683.60	5,579,779.52	3,203,950.67			
	5	387,862,626.39	94,738,363.74	49,450,905.96	26,340,802.87	12,447,873.75	7,690,829.60				
	6	213,588,733.28	52,765,192.22	34,487,865.00	13,424,754.82	8,348,404.02					
	7	312,241,917.76	49,062,750.05	23,287,613.45	14,295,667.90						
	8	352,012,447.19	53,264,788.64	30,120,954.29							
	9	296,344,661.19	47,783,296.77								
	10	292,398,650.87									

Fuente: Elaboración Propia

Así pues, a partir del triángulo anterior se obtiene el triángulo de siniestros acumulado. Para dicho triángulo, se van acumulando (sumando) los montos de siniestros por periodo, de manera que los montos de la nueva matriz vayan creciendo. Cabe mencionar que los periodos que se tomaron en cuenta para el presente trabajo son anuales como se hace en el método estatutario.

Entonces el triángulo de siniestros acumulado, que será la base para la aplicación de los modelos, es el que se presenta a continuación:

Tabla 7: Triángulo de Siniestros Acumulados

Triángulo de Siniestros Acumulados											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	17,933,929.87	25,171,192.42	26,720,409.68	27,287,106.34	27,638,640.29	27,906,734.68	28,024,581.44	28,107,992.05	28,107,992.05	28,124,642.16
	2	174,733,430.21	196,517,982.27	203,739,866.74	208,066,180.86	210,020,968.74	211,282,196.85	212,220,266.84	213,621,741.05	214,604,452.11	
	3	218,983,518.59	253,350,335.78	265,059,357.49	273,065,702.56	277,164,938.24	280,894,789.79	283,174,012.93	285,207,685.75		
	4	273,146,406.32	330,944,909.08	365,025,007.20	378,890,737.57	386,740,421.17	392,320,200.69	395,524,151.36			
	5	387,862,626.39	482,600,990.13	532,051,896.09	558,392,698.96	570,840,572.71	578,531,402.31				
	6	213,588,733.28	266,353,925.50	300,841,790.50	314,266,545.32	322,614,949.34					
	7	312,241,917.76	361,304,667.81	384,592,281.26	398,887,949.16						
	8	352,012,447.19	405,277,235.83	435,398,190.12							
	9	296,344,661.19	344,127,957.96								
	10	292,398,650.87									

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se plasma el procedimiento y los resultados obtenidos al utilizar los métodos antes sugeridos. Debido a que la base de los métodos a analizar es la utilización del triángulo de siniestros, es importante recalcar que la utilización del método Chain-Ladder forma parte del desarrollo de las metodologías que se presentan.

Cabe mencionar que el procedimiento a seguir para el cálculo de la reserva utilizando el método Chain-Ladder, se puede ver de manera más específica en la sección 4.3 del presente trabajo.

#### 4.5.1 REGRESIÓN LINEAL

Partiendo del triángulo plasmado en la tabla 7, se procede a obtener los factores de desarrollo que se utilizarán para proyectar los siniestros faltantes. Para ello, los siniestros del periodo  $k$ , serán considerados como parte del vector de variables dependientes ( $y_k$ 's), mientras que los siniestros del periodo  $k - 1$  corresponden a los valores del vector de variables independientes ( $x_k$ 's). Es entonces que el factor de desarrollo se obtendrá de la siguiente manera:

$$f_k = \frac{\sum(x_k * y_k)}{\sum x_k^2}$$

Una vez que se obtienen los factores de desarrollo, se completa el triángulo de siniestros como usualmente se realiza en el método Chain-Ladder, es decir, multiplicando el último valor conocido por el factor correspondiente, de tal forma que los siniestros faltantes puedan ser proyectados. A continuación, se ejemplifica este método con el cálculo del primer factor de desarrollo.

Tabla 8: Factores de Regresión Lineal

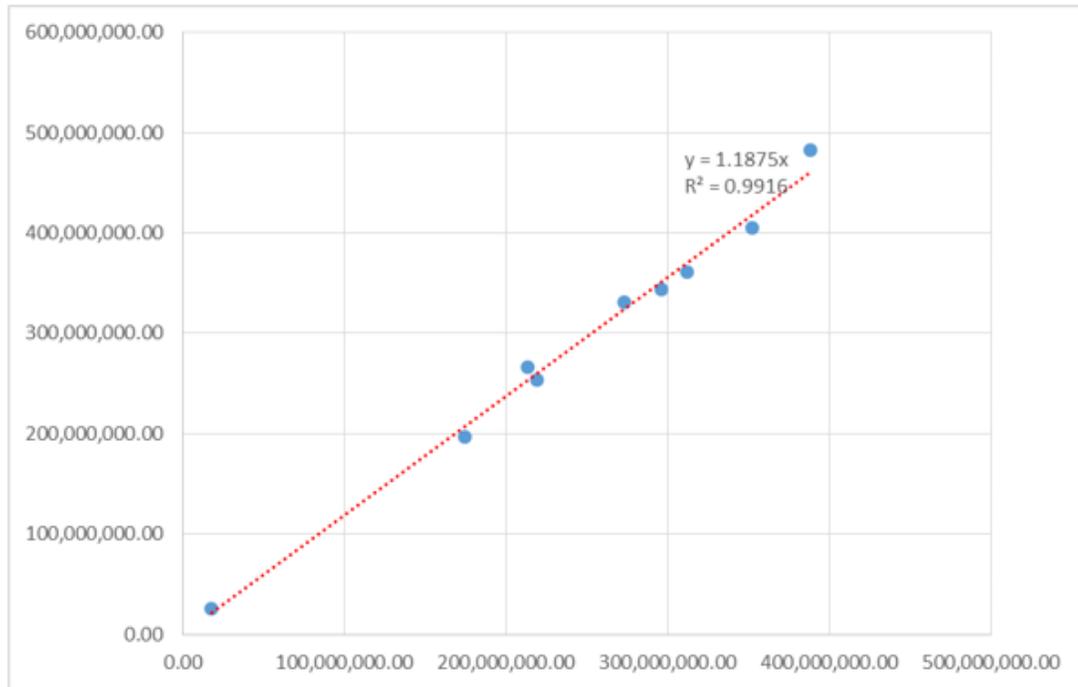
x	y	x*y	x*x
17,933,929.87	25,171,192.42	451,418,399,604,555	321,625,840,582,078
174,733,430.21	196,517,982.27	34,338,261,139,985,200	30,531,771,632,953,100
218,983,518.59	253,350,335.78	55,479,547,965,062,500	47,953,781,414,057,000
273,146,406.32	330,944,909.08	90,396,412,605,100,600	74,608,959,285,530,000
387,862,626.39	482,600,990.13	187,182,887,530,235,000	150,437,416,950,147,000
213,588,733.28	266,353,925.50	56,890,197,551,700,200	45,620,146,984,154,700
312,241,917.76	361,304,667.81	112,814,462,372,636,000	97,495,015,206,444,000
352,012,447.19	405,277,235.83	142,662,631,574,919,000	123,912,762,976,695,000
296,344,661.19	344,127,957.96	101,980,483,107,663,000	87,820,158,215,816,000
	<b>Total</b>	<b>782,196,302,246,905,000</b>	<b>658,701,638,506,379,000</b>

Fac. Regresión	<b>1.187481944</b>
----------------	--------------------

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de x son los siniestros reportados en el año de desarrollo uno, y los valores de y son los siniestros reportados correspondientes al año siguiente. Se realizan las multiplicaciones que se indican en la figura anterior, y el factor se obtiene con la fórmula previamente mencionada. Cabe mencionar que el factor de desarrollo por el método de regresión lineal, también puede ser calculado mediante las herramientas de Excel a partir de un gráfico de dispersión como se muestra a continuación:

Gráfica 6: Factor de Desarrollo bajo Regresión Lineal



Fuente: Elaboración Propia

Por último, para obtener la reserva, se realiza la suma de las diferencias entre el último valor proyectado y el último valor conocido. La aplicación de este método se puede ver de manera más gráfica en la siguiente figura, en donde se muestran los factores calculados y el monto de reserva obtenido.

Tabla 9: Matriz de Siniestros Proyectada con Regresión Lineal

Triángulo de Siniestros Original											Reserva
Año de Origen	Año de Desarrollo										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	17,933,929.87	25,171,192.42	26,720,409.68	27,287,106.34	27,638,640.29	27,906,734.68	28,024,581.44	28,107,992.05	28,107,992.05	28,124,642.16	0
2	174,733,430.21	196,517,982.27	203,739,866.74	208,066,180.86	210,020,968.74	211,282,196.85	212,220,266.84	213,621,741.05	214,604,452.11	214,731,575.66	127,123.55
3	218,983,518.59	253,350,335.78	265,059,357.49	273,065,702.56	277,164,938.24	280,894,789.79	283,174,012.93	285,207,685.75	286,497,380.95	286,667,091.15	1,459,405.40
4	273,146,406.32	330,944,909.08	365,025,007.20	378,890,737.57	386,740,421.17	392,320,200.69	395,524,151.36	398,272,636.81	400,073,606.19	400,310,594.65	4,786,443.29
5	387,862,626.39	482,600,990.13	532,051,896.09	558,392,698.96	570,840,572.71	578,531,402.31	582,895,158.05	586,945,679.00	589,599,818.65	589,949,075.25	11,417,672.94
6	213,588,733.28	266,353,925.50	300,841,790.50	314,266,545.32	322,614,949.34	326,858,476.56	329,323,909.81	331,612,371.77	333,111,906.69	333,309,229.57	10,694,280.23
7	312,241,917.76	361,304,667.81	384,592,281.26	398,887,949.16	407,239,129.38	412,595,763.77	415,707,897.57	418,596,639.27	420,489,512.79	420,738,594.86	21,850,645.70
8	352,012,447.19	405,277,235.83	435,398,190.12	453,590,255.31	463,086,691.53	469,177,918.82	472,716,841.39	476,001,736.52	478,154,193.09	478,437,433.53	43,039,243.41
9	296,344,661.19	344,127,957.96	373,543,949.98	389,151,584.66	397,298,922.84	402,524,808.36	405,560,978.81	408,379,209.87	410,225,880.68	410,468,882.96	66,340,925.00
10	292,398,650.87	347,218,118.37	376,898,256.72	392,646,043.03	400,866,541.73	406,139,354.06	409,202,788.35	412,046,326.24	413,909,579.57	414,154,763.93	121,756,113.06
Factores de Desarrollo		1.187481944	1.085479809	1.041782593	1.020936156	1.013153536	1.007542816	1.00694897	1.004521951	1.000592362	281,471,852.58

Fuente: Elaboración Propia

## 4.5.2 CHAIN-LADDER

Tomando en cuenta el triángulo de siniestros acumulados (tabla 7), se procede a obtener los factores de desarrollo para cada periodo de estudio. Como se mencionó previamente, dichos factores se calculan dividiendo el monto total de siniestros reportados en el periodo  $k$ , entre el total de siniestros reportados en el periodo  $k - 1$ . Después de calcular los factores de desarrollo, se proyecta la parte faltante de la matriz de siniestros, y se calcula el monto de reserva correspondiente como se muestra a continuación:

Tabla 10: Matriz de Siniestros Proyectada por Chain-Ladder

		Triángulo de Siniestros Original										
		Año de Desarrollo										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Reserva
Año de Origen	1	17,933,929.87	25,171,192.42	26,720,409.68	27,287,106.34	27,638,640.29	27,906,734.68	28,024,581.44	28,107,992.05	28,107,992.05	28,124,642.16	0
	2	174,733,430.21	196,517,982.27	203,739,866.74	208,066,180.86	210,020,968.74	211,282,196.85	212,220,266.84	213,621,741.05	214,604,452.11	214,731,575.66	127,123.55
	3	218,983,518.59	253,350,335.78	265,059,357.49	273,065,702.56	277,164,938.24	280,894,789.79	283,174,012.93	285,207,685.75	286,367,149.02	286,536,782.08	1,329,096.33
	4	273,146,406.32	330,944,909.08	365,025,007.20	378,890,737.57	386,740,421.17	392,320,200.69	395,524,151.36	398,182,967.52	399,801,712.55	400,038,539.95	4,514,388.59
	5	387,862,626.39	482,600,990.13	532,051,896.09	558,392,698.96	570,840,572.71	578,531,402.31	582,677,668.17	586,594,578.91	588,979,279.27	589,328,168.29	10,796,765.98
	6	213,588,733.28	266,353,925.50	300,841,790.50	314,266,545.32	322,614,949.34	326,674,961.95	329,016,202.61	331,227,935.04	332,574,485.80	332,771,490.33	10,156,540.99
	7	312,241,917.76	361,304,667.81	384,592,281.26	398,887,949.16	406,832,196.31	411,952,057.77	414,904,469.25	417,693,564.94	419,391,626.99	419,640,058.70	20,752,109.54
	8	352,012,447.19	405,277,235.83	435,398,190.12	452,333,277.47	461,341,941.07	467,147,791.36	470,495,784.11	473,658,579.06	475,584,157.35	475,865,875.39	40,467,685.27
	9	296,344,661.19	344,127,957.96	372,575,148.42	387,066,693.92	394,775,508.10	399,743,640.76	402,608,555.96	405,314,995.33	406,962,734.41	407,203,803.72	63,075,845.76
	10	292,398,650.87	346,900,343.52	375,576,712.04	390,185,005.25	397,955,924.68	402,964,080.92	405,852,076.63	408,580,319.79	410,241,333.49	410,484,344.92	118,085,694.05
Factores de Desarrollo		1.186395158	1.082664572	1.038895631	1.019915987	1.012584701	1.007166881	1.006722226	1.00406533	1.000592362	269,305,250.06	

Fuente: Elaboración Propia

## 4.5.3 BOOTSTRAP MONTOS

Utilizando los siniestros acumulados (tabla 7), se obtienen los factores de desarrollo por periodo<sup>10</sup>, con los cuales se creará un nuevo triángulo de siniestros ajustado. Los montos de siniestros se dividirán entre el factor de desarrollo del periodo correspondiente, resultando así el siguiente triángulo:

<sup>10</sup> Los factores que se obtengan en este primer paso serán los mismos que se utilizaron en la metodología Chain-Ladder. Estos factores se pueden observar en la tabla 10.

Tabla 11: Triángulo de Siniestros Ajustado

Triángulo de Siniestros Ajustado											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	20,033,912.44	23,768,136.71	25,732,919.56	26,733,817.71	27,266,248.07	27,609,385.64	27,807,258.83	27,994,186.45	28,107,992.05	28,124,642.16
	2	152,958,873.58	181,469,666.95	196,470,779.35	204,112,634.29	208,177,738.83	210,797,593.38	212,308,354.70	213,735,546.65	214,604,452.11	
	3	204,107,585.44	242,152,251.02	262,169,663.28	272,366,917.77	277,791,373.72	281,287,295.04	283,303,247.68	285,207,685.75		
	4	284,957,832.92	338,072,593.13	366,019,219.45	380,255,767.95	387,828,936.82	392,709,647.95	395,524,151.36			
	5	419,793,747.21	498,041,268.94	539,211,637.41	560,184,614.30	571,341,243.71	578,531,402.31				
	6	237,041,767.91	281,225,205.63	304,472,566.97	316,315,219.59	322,614,949.34					
	7	298,920,503.38	354,637,837.76	383,953,822.94	398,887,949.16						
	8	338,971,611.66	402,154,278.68	435,398,190.12							
	9	290,061,836.24	344,127,957.96								
	10	292,398,650.87									

Fuente: Elaboración Propia

Después, se calculan los triángulos incrementales tanto del triángulo de siniestros acumulados (tabla 7), como del triángulo de siniestros ajustado (tabla 11). Dichos triángulos resultan de restar a los siniestros del periodo  $k$ , los montos de siniestro del periodo  $k - 1$ . Los triángulos incrementales obtenidos son:

Tabla 12: Triángulos de Siniestros Incrementales

Triángulo de Siniestros Incremental Original											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	17,933,929.87	7,237,262.55	1,549,217.26	566,696.66	351,533.95	268,094.39	117,846.76	83,410.61	0.00	16,650.11
	2	174,733,430.21	21,784,552.06	7,221,884.47	4,326,314.12	1,954,787.88	1,261,228.11	998,069.99	1,401,474.21	982,711.06	
	3	218,983,518.59	34,366,817.19	11,709,021.71	8,006,345.07	4,099,235.68	3,729,851.55	2,279,223.14	2,033,672.82		
	4	273,146,406.32	57,798,502.76	34,080,098.12	13,865,730.37	7,849,683.60	5,579,779.52	3,203,950.67			
	5	387,862,626.39	94,738,363.74	49,450,905.96	26,340,802.87	12,447,873.75	7,690,829.60				
	6	213,588,733.28	52,765,192.22	34,487,865.00	13,424,754.82	8,348,404.02					
	7	312,241,917.76	49,062,750.05	23,287,613.45	14,295,667.90						
	8	352,012,447.19	53,264,788.64	30,120,954.29							
	9	296,344,661.19	47,783,296.77								
	10	292,398,650.87									

Triángulo de Siniestros Incremental Ajustado											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	20,033,912.44	3,734,224.27	1,964,782.86	1,000,898.14	532,430.36	343,137.57	197,873.19	186,927.62	113,805.60	16,650.11
	2	152,958,873.58	28,510,793.37	15,001,112.40	7,641,854.94	4,065,104.54	2,619,854.55	1,510,761.32	1,427,191.95	868,905.46	
	3	204,107,585.44	38,044,665.58	20,017,412.26	10,197,254.49	5,424,455.95	3,495,921.32	2,015,952.64	1,904,438.07		
	4	284,957,832.92	53,114,760.21	27,946,626.31	14,236,548.51	7,573,168.87	4,880,711.13	2,814,503.41			
	5	419,793,747.21	78,247,521.72	41,170,368.48	20,972,976.89	11,156,629.41	7,190,158.60				
	6	237,041,767.91	44,183,437.72	23,247,361.34	11,842,652.62	6,299,729.75					
	7	298,920,503.38	55,717,334.38	29,315,985.17	14,934,126.22						
	8	338,971,611.66	63,182,667.02	33,243,911.44							
	9	290,061,836.24	54,066,121.72								
	10	292,398,650.87									

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los triángulos incrementales, se elabora el triángulo de diferencias restando el siniestro del triángulo incremental ajustado, y el siniestro que le corresponda del triángulo incremental original.

Tabla 13: Triángulo de Diferencias entre los Triángulos Incrementales

Triángulo de Diferencias (Ajustado- Incremental)											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	2,099,982.57	-3,503,088.28	415,565.60	434,201.48	180,896.41	75,043.18	80,026.43	103,517.01	113,805.60	0.00
	2	-21,774,556.63	6,726,241.31	7,779,227.93	3,315,540.82	2,110,316.66	1,358,626.44	572,691.33	25,717.74	-113,805.60	
	3	-14,875,933.15	3,677,848.39	8,308,390.55	2,190,909.42	1,325,220.27	-233,930.23	-263,270.50	-129,234.75		
	4	11,811,426.60	-4,683,742.55	-6,133,471.81	370,818.14	-276,514.73	-699,068.39	-389,447.26			
	5	31,931,120.82	-16,490,842.02	-8,280,537.48	-5,367,825.98	-1,291,244.34	-500,671.00				
	6	23,453,034.63	-8,581,754.50	-11,240,503.66	-1,582,102.20	-2,048,674.27					
	7	-13,321,414.38	6,654,584.33	6,028,371.72	638,458.32						
	8	-13,040,835.53	9,917,878.38	3,122,957.15							
	9	-6,282,824.95	6,282,824.95								
	10	0.00									

Fuente: Elaboración Propia

Es en este punto, en el que se pone en práctica la metodología Bootstrap, pues tomando como base el triángulo de la tabla 13, se crea una muestra que será remuestreada mediante el uso de números aleatorios. El nuevo triángulo de siniestros queda de la siguiente manera:

Tabla 14: Triángulo de Muestras Bootstrap

Muestras Bootstrap de Diferencias											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	80,026.43	2,190,909.42	572,691.33	0.00	-4,683,742.55	-16,490,842.02	3,122,957.15	-11,240,503.66	1,325,220.27	-5,367,825.98
	2	180,896.41	7,779,227.93	638,458.32	-263,270.50	-16,490,842.02	-2,048,674.27	-276,514.73	2,190,909.42	0.00	
	3	-5,367,825.98	31,931,120.82	0.00	638,458.32	-11,240,503.66	6,726,241.31	1,358,626.44	6,654,584.33		
	4	-233,930.23	-16,490,842.02	-21,774,556.63	638,458.32	-1,291,244.34	0.00	6,282,824.95			
	5	-1,291,244.34	2,099,982.57	80,026.43	-21,774,556.63	-3,503,088.28	434,201.48				
	6	1,325,220.27	-6,133,471.81	25,717.74	-276,514.73	2,190,909.42					
	7	-4,683,742.55	103,517.01	80,026.43	-1,291,244.34						
	8	-1,291,244.34	-6,133,471.81	3,315,540.82							
	9	25,717.74	-11,240,503.66								
	10	1,325,220.27									

Fuente: Elaboración Propia

Se calcula un nuevo triángulo incremental, sumando los montos de siniestros del triángulo de muestras (tabla 14) y del triángulo incremental original (tabla 12).

Tabla 15: Triángulo Incremental de Muestras Bootstrap

Triángulo Incremental de la Muestra Bootstrap											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	18,013,956.30	9,428,171.97	2,121,908.59	566,696.66	-4,332,208.60	-16,222,747.63	3,240,803.91	-11,157,093.05	1,325,220.27	-5,351,175.87
	2	174,914,326.62	29,563,779.99	7,860,342.79	4,063,043.62	-14,536,054.14	-787,446.16	661,555.26	3,592,383.63	982,711.06	
	3	213,615,692.61	66,297,998.01	11,709,021.71	8,644,803.39	-7,141,267.98	10,456,092.86	3,637,849.58	8,688,257.15		
	4	272,912,476.09	41,307,660.74	12,305,541.49	14,504,188.69	6,558,439.26	5,579,779.52	9,486,775.62			
	5	386,571,382.05	96,838,346.31	49,530,932.39	4,566,246.24	8,944,835.47	8,125,031.08				
	6	214,913,953.55	46,631,720.41	34,513,582.74	13,148,240.09	10,539,313.44					
	7	307,558,175.21	49,166,267.06	23,367,639.88	13,004,423.56						
	8	350,721,202.85	47,131,316.83	33,436,495.11							
	9	296,370,378.93	36,542,793.11								
	10	293,723,871.14									

Fuente: Elaboración Propia

Usando ese último triángulo, se crea un nuevo triángulo de siniestros acumulados, y mediante el método de Chain-Ladder se calcula el monto de reserva correspondiente.

Tabla 16: Matriz de Siniestros Proyectada con Bootstrap Montos

Triángulo Acumulado de la Muestra											Reserva	
Año de Desarrollo												
Año de Origen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	1		18,047,735.47	31,567,822.96	65,048,161.05	63,566,183.44	64,098,613.80	68,044,556.58	69,521,029.78	70,038,641.88	63,905,170.07	63,808,014.58
2		175,104,248.35	175,114,243.78	178,833,089.97	168,283,470.94	176,266,630.54	164,487,023.12	164,924,422.11	174,634,286.87	175,616,997.93	175,350,006.15	-266,991.78
3		218,482,847.59	276,302,699.41	279,429,966.62	287,322,506.09	291,307,936.17	298,353,328.54	300,813,448.09	302,717,886.17	296,345,185.22	295,894,649.51	-6,823,236.66
4		271,097,732.05	330,996,217.38	363,494,213.30	384,014,528.00	386,496,385.61	392,151,208.32	401,637,983.93	410,741,312.91	402,094,544.17	401,483,236.95	-154,746.98
5		388,501,084.71	471,998,944.79	529,229,078.69	555,940,699.69	567,999,126.18	570,322,129.80	578,886,369.29	592,007,122.98	579,544,415.86	578,663,330.34	8,341,200.53
6		212,006,631.08	261,268,785.02	289,473,825.07	304,998,562.46	315,446,949.05	316,972,968.88	321,732,791.93	329,025,029.12	322,098,520.28	321,608,831.59	6,161,882.54
7		312,316,960.94	361,103,196.26	384,416,527.45	398,448,924.85	406,916,419.46	408,884,935.96	415,024,954.61	424,431,706.08	415,496,732.43	414,865,049.77	16,416,124.92
8		351,883,212.44	405,148,001.08	433,686,853.17	448,762,684.95	458,299,404.41	460,516,493.47	467,431,837.15	478,026,417.24	467,963,188.26	467,251,740.48	33,564,887.31
9		274,570,104.56	329,079,642.64	358,966,619.19	371,445,024.58	379,338,655.47	381,173,760.59	386,897,654.51	395,666,886.43	387,337,458.74	386,748,586.83	57,668,944.19
10		284,118,113.39	337,894,306.91	368,581,830.29	381,394,479.86	389,499,548.03	391,383,807.92	397,261,020.97	406,265,143.85	397,712,605.71	397,107,960.39	112,989,847.00
Factores de Desarrollo		1.189274076	1.090819889	1.034762022	1.021251142	1.004837643	1.015016495	1.022665508	0.978948383	0.998479693		227,897,911.08

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5.4 BOOTSTRAP FACTORES

Para este método, al igual que los demás, se parte del triángulo de siniestros acumulados (tabla 7), con el cual se creará una matriz de factores. Los valores de dicha matriz se calculan como la división del siniestro del periodo  $k$ , entre el siniestro del periodo  $k - 1$ , una vez obtenidos los factores de los siniestros conocidos, se procede a hacer un remuestreo por columna, para completar la matriz mediante el uso de números aleatorios.

Tabla 17: Matriz de Factores

Triángulo de Factores											
Año de Desarrollo											
Año de Origen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1			1.40	1.06	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
2			1.12	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.01	1.00	1.00
3			1.16	1.05	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
4			1.21	1.10	1.04	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
5			1.24	1.10	1.05	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
6			1.25	1.13	1.04	1.03	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
7			1.16	1.06	1.04	1.01	1.01	1.00	1.01	1.00	1.00
8			1.15	1.07	1.05	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
9			1.16	1.05	1.02	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
10			1.40	1.13	1.04	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se tienen los factores (tabla 17), se elabora una nueva matriz de siniestros; para obtener el siniestro del periodo  $k$ , se multiplica el siniestro del periodo  $k - 1$  por el factor del periodo  $k$ . Así pues cuando se tiene la matriz de montos, se procede a calcular

el monto de reserva, la cual es igual a la suma de las diferencias entre los últimos montos proyectados y los últimos montos conocidos.

Tabla 18: Matriz de Siniestros Proyectada con Bootstrap Factores

		Triángulo de Montos Nvo.										Reserva
		Año de Desarrollo										
Año de Origen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		1	17,933,929.87	25,171,192.42	26,720,409.68	27,287,106.34	27,638,640.29	27,906,734.68	28,024,581.44	28,107,992.05	28,107,992.05	28,124,642.16
	2	174,733,430.21	196,517,982.27	203,739,866.74	208,066,180.86	210,020,968.74	211,282,196.85	212,220,266.84	213,621,741.05	214,604,452.11	214,731,575.66	127,123.55
	3	218,983,518.59	253,350,335.78	265,059,357.49	273,065,702.56	277,164,938.24	280,894,789.79	283,174,012.93	285,207,685.75	285,207,685.75	285,376,631.98	168,946.23
	4	273,146,406.32	330,944,909.08	365,025,007.20	378,890,737.57	386,740,421.17	392,320,200.69	395,524,151.36	396,701,364.69	396,701,364.69	396,936,355.55	1,412,204.19
	5	387,862,626.39	482,600,990.13	532,051,896.09	558,392,698.96	570,840,572.71	578,531,402.31	580,974,470.34	582,703,646.39	582,703,646.39	583,048,817.96	4,517,415.65
	6	213,588,733.28	266,353,925.50	300,841,790.50	314,266,545.32	322,614,949.34	324,552,332.28	325,922,877.47	326,892,933.92	326,892,933.92	327,086,572.91	4,471,623.57
	7	312,241,917.76	361,304,667.81	384,592,281.26	398,887,949.16	407,151,925.77	412,631,032.37	414,463,069.30	415,696,651.24	415,696,651.24	415,942,894.19	17,054,945.03
	8	352,012,447.19	405,277,235.83	435,398,190.12	451,582,362.90	463,578,523.71	468,075,228.33	471,897,845.52	475,286,877.62	477,473,310.84	477,756,147.95	42,357,957.83
	9	296,344,661.19	344,127,957.96	365,308,081.78	381,609,578.40	385,194,811.60	390,752,291.51	393,943,437.58	396,772,623.96	396,772,623.96	397,007,657.04	52,879,699.08
	10	292,398,650.87	338,287,085.97	382,088,953.47	399,139,279.19	409,742,303.96	413,716,798.07	417,095,487.75	419,849,930.47	421,781,340.48	422,031,187.78	129,632,536.91

252,622,452.04

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5.5 BOOTSTRAP MONTOS AJUSTADOS POR VARIANZA

Para aplicar este método, se parte del triángulo de siniestros acumulados (tabla 7), y básicamente se llevan a cabo los primeros pasos de la metodología Bootstrap Montos, es decir, mediante el Chain-Ladder se obtienen factores de desarrollo, se elabora un triángulo de siniestros ajustado, y se obtienen los triángulos incrementales, tanto del triángulo original como del triángulo ajustado<sup>11</sup>.

Una vez que se tienen los triángulos que se mencionan previamente, se calcula un triángulo de residuales, cuyos valores son iguales a la diferencia de los siniestros del triángulo incremental original, menos los siniestros del triángulo incremental ajustado, posteriormente, los valores que se obtienen se elevan al cuadrado.

Tabla 19: Triángulo de Residuales

		Triángulo de Residuales al cuadrado										
		Año de Desarrollo										
Año de Origen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		1	4,409,926,790,700.37	12,271,277,198,728.60	172,694,768,754.14	188,530,929,001.54	32,723,511,759.88	5,631,479,387.98	6,404,229,218.95	10,715,771,761.83	12,951,713,960.08	0.00
	2	474,131,316,342,918.00	45,242,322,114,299.00	60,516,387,205,547.40	10,992,810,925,040.70	4,483,486,399,921.41	1,845,865,812,463.99	327,975,356,654.91	661,401,980.73	12,951,713,960.07		
	3	221,293,387,028,867.00	13,526,566,787,586.40	69,028,353,513,262.40	4,800,084,073,925.37	1,756,208,784,923.88	54,723,352,977.28	69,311,355,991.08	16,701,620,255.91			
	4	139,509,798,356,666.00	21,937,444,256,273.60	37,619,476,407,480.30	137,506,089,271.26	76,480,395,401.92	488,696,619,783.82	151,689,166,680.35				
	5	1,019,596,477,074,770.00	271,947,870,416,795.00	68,567,300,999,083.80	28,819,555,757,539.80	1,867,311,952,594.17	290,671,451,828.01					
	6	950,044,833,470,123.00	73,646,510,347,121.20	128,348,922,543,470.00	2,508,047,371,567.69	4,397,068,260,081.92						
	7	177,460,090,910,513.00	44,289,492,542,699.20	36,341,265,693,569.60	407,629,032,509.85							
	8	170,063,391,336,424.00	93,384,311,547,512.10	9,752,861,361,203.94								
	9	39,479,889,305,683.70	39,479,889,305,683.70									
	10	0.00										

Fuente: Elaboración Propia

<sup>11</sup> Los factores de desarrollo a utilizar, así como los valores obtenidos en el triángulo de siniestros ajustado y en los triángulos incrementales de siniestros tanto original como ajustado se pueden consultar en las tablas 10, 11 y 12.

El siguiente paso, es estandarizar los residuales que se obtuvieron, mediante el uso del estimador de la varianza y desviación estándar, de lo cual resulta el siguiente triángulo:

Tabla 20: Triángulo de Residuales Estandarizados

Triángulo de Residuales Estandarizados											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	-	0.1123	0.3977 -	0.0544 -	0.1538 -	0.1159 -	0.0923 -	0.1850 -	0.8737 -	0.7071 -
	2	-	1.1647 -	0.7636 -	1.0185 -	1.1741 -	1.3519 -	1.6706 -	1.3310 -	0.2170 -	0.7071 -
	3	-	0.7957 -	0.4175 -	1.0878 -	0.7759 -	0.8490 -	0.2876 -	0.6119 -	1.0907 -	-
	4	-	0.6318 -	0.5317 -	0.8030 -	0.1313 -	0.1771 -	0.8596 -	0.9052 -	-	-
	5	-	1.7080 -	1.8722 -	1.0842 -	1.9009 -	0.8272 -	0.6156 -	-	-	-
	6	-	1.2545 -	0.9743 -	1.4717 -	0.5603 -	1.3124 -	-	-	-	-
	7	-	0.7126 -	0.7555 -	0.7893 -	0.2261 -	-	-	-	-	-
	8	-	0.6976 -	1.1260 -	0.4089 -	-	-	-	-	-	-
	9	-	0.3361 -	0.7133 -	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Por medio de la utilización de números aleatorios, se genera una muestra de los residuales estandarizados para así conseguir un nuevo triángulo, constituido por las remuestras obtenidas.

Tabla 21: Triángulo de Muestras Bootstrap de Residuales

Triángulo de Muestra de Residuales											
		Año de Desarrollo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Año de Origen	1	-	14,123,734.3303	7,008,992.7520 -	1,174,419.6730 -	2,676,103.3149 -	1,363,745.4495 -	44,349.0976 -	505,180.7240 -	148,645.2360	301,319.8765
	2	-	20,268,166.7647 -	11,724,317.3229 -	14,299,323.6694 -	260,563.9939 -	1,520,821.4546 -	915,706.4579 -	241,060.9848	39,820.5184	175,543.0723
	3	-	2,166,488.6353 -	9,581,736.8096 -	1,657,772.2062 -	1,179,056.1132 -	84,931.5526 -	1,196,879.9852 -	175,924.5316	34,082.3403	-
	4	-	20,336,342.3627 -	7,695,399.4935 -	8,308,390.5489 -	2,246,964.7666 -	180,896.4117 -	915,706.4579 -	365,274.1760	-	-
	5	-	15,012,821.2926 -	812,781.3892 -	5,400,715.9740 -	500,215.0767 -	524,600.2538	144,063.3881	-	-	-
	6	-	4,057,708.0417 -	3,505,038.2811 -	1,002,981.6909 -	3,706,051.2470 -	995,149.3801	-	-	-	-
	7	-	35,000,273.5167 -	1,911,842.8384 -	4,279,239.0528 -	1,996,729.9137	-	-	-	-	-
	8	-	14,123,734.3303 -	1,020,769.7891 -	6,672,734.3584	-	-	-	-	-	-
	9	-	35,537,459.9855 -	15,044,770.1122	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

A partir del triángulo anterior se crea un nuevo triángulo incremental, sumando los siniestros del triángulo incremental ajustado (tabla 12), y el triángulo de muestras (tabla 21).

Tabla 22: Pseudo Triángulo Incremental

Pseudo Triángulo Incremental												
		Año de Desarrollo										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Año de Origen	1	-	5,910,178.1088	10,743,217.0209	790,363.1820 -	1,875,205.1706 -	831,315.0878	298,886.4759 -	307,307.5358	38,282.3860	415,125.4737	16,650.1100
	2	-	173,227,040.3468	16,786,476.0437	29,300,436.0706	7,381,290.9455	5,585,925.9933	1,704,148.0954	1,751,822.3041	1,467,012.4651	1,044,448.5351	-
	3	-	201,941,096.8066	28,462,928.7715	18,359,640.0527	9,018,158.3739	5,339,524.3977	4,692,801.3042	1,840,028.1087	1,938,520.4116	-	-
	4	-	264,621,490.5385	45,419,360.7184	19,638,235.7641	16,483,513.2716	7,392,272.4592	3,965,004.6678	2,449,229.2361	-	-	-
	5	-	434,806,568.5065	77,434,740.3341	35,769,652.5035	21,473,191.9661	11,681,229.6611	7,334,221.9885	-	-	-	-
	6	-	232,984,059.8707	47,686,475.9962	22,244,379.7085	15,548,703.8669	7,254,879.1312	-	-	-	-	-
	7	-	333,920,776.9017	53,806,491.3369	33,595,224.2277	12,937,396.3111	-	-	-	-	-	-
	8	-	324,847,877.3303	62,161,897.2302	26,571,177.0817	-	-	-	-	-	-	-
	9	-	325,599,296.2091	39,021,351.6041	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	292,398,650.8700	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, los siniestros del pseudo triángulo incremental (tabla 22), se acumulan para formar un nuevo triángulo de siniestros acumulados, y mediante el método de Chain-Ladder se obtienen factores de desarrollo y el monto de reserva.

Tabla 23: Matriz de Siniestros Proyectada con Bootstrap Montos Ajustados por Varianza

Pseudo Triángulo Incremental Acumulado											Reserva
Año de Desarrollo											
Año de Origen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Reserva
	1	4.162.538.8531	4.126.180.000	1.039.201.900	13.787.064.81	14.114.510.00	13.066.581.02	12.547.674.85	12.807.104.40	13.050.156.46	
2	166.280.287.9571	183.066.764.000	185.308.330.17	182.232.779.53	191.311.639.33	193.824.717.19	195.480.075.54	196.979.719.44	197.823.927.16	198.076.311.85	252.394.69
3	22.488.060.8962	261.728.948.09	275.269.124.65	282.388.656.06	287.689.054.40	289.775.506.16	292.020.646.02	293.918.637.24	295.441.855.59	295.818.796.62	1.900.159.38
4	277.313.810.2415	318.520.387.92	336.141.346.43	347.306.151.85	356.571.662.23	360.487.488.01	362.978.187.99	365.632.816.63	367.527.690.06	367.996.602.18	5.018.434.18
5	399.457.404.8512	266.241.129.21	288.314.070.87	298.159.993.58	304.284.380.01	304.284.380.01	306.364.566.53	308.605.170.38	310.204.500.94	310.600.276.96	6.315.896.95
6	22.536.946.7837	266.241.129.21	288.314.070.87	298.159.993.58	304.284.380.01	306.261.998.07	308.355.704.23	310.610.870.30	312.220.595.30	312.618.943.57	8.334.563.56
7	310.359.758.9113	382.567.935.30	405.855.548.75	417.474.134.16	426.303.155.00	429.073.802.70	432.007.090.11	435.166.983.25	437.421.811.88	437.979.898.78	20.505.764.62
8	315.752.347.5436	405.423.566.59	430.089.906.78	443.470.061.30	452.850.029.81	457.794.091.78	458.910.047.74	462.186.296.24	464.603.967.75	465.254.808.14	35.124.922.36
9	258.820.456.4581	320.182.856.41	340.380.101.96	350.987.277.05	358.410.189.59	360.739.584.42	363.205.727.00	365.862.029.82	367.786.091.13	368.227.297.21	48.044.451.30
10	292.398.650.8700	321.659.942.36	341.990.353.42	352.606.461.82	360.063.617.95	362.403.758.82	364.881.268.23	367.549.835.23	369.454.643.51	369.926.014.14	77.527.363.27
Factores de Desarrollo		1.1001	1.0631	1.0912	1.0211	1.0065	1.0068	1.0073	1.0062	1.0013	203.083.910.80

Fuente: Elaboración Propia

## 4.6 RESULTADOS

Una vez que se aplicaron todas las metodologías, se procedió a calcular el mejor estimador (BEL) de siniestros para cada método.

Debido a que bajo el nuevo esquema de Solvencia II se plantea el uso de métodos estocásticos, que permitan contrastar los valores obtenidos en la simulación de distintos escenarios, se elaboró una macro que permitiera generar tantas simulaciones fueran necesarias, para que el valor de la reserva convergiera a un valor específico, cabe mencionar que para el presente trabajo se hicieron 10000 simulaciones, con la finalidad de asegurar que el valor obtenido no difiera más del 1% con su valor real. Para ello, se hizo uso del programa Visual Basic, y mediante el siguiente código se elaboró la macro antes mencionada:

Figura 3: Código de Macro utilizada para simulaciones

```
'Simulador Bootstrap Montos Ajustados por Varianza
Sub SimuladoBMAV()
Worksheets("BMAV").Activate
Dim vec(10000) As Double
  For i = 1 To 10000
    Cells(7 + i, 22) = i
    vec(i) = Range("O163").Value
    Range("W7").Select
    ActiveCell.Offset(i, 0) = vec(i)
  Next
End Sub
```

Fuente: Elaboración Propia

El código que se muestra en la figura 3 tiene como objetivo, recalculer los aleatorios utilizados en el método Bootstrap, para arrojar un valor de reserva (ultimate) diferente cada vez que el escenario cambie. Es entonces, que mediante un ciclo “For”, el ultimate que se encuentra originalmente en la celda “O116”, será almacenado en la posición correspondiente dentro del vector declarado como “vec (10000)”, para posteriormente imprimir dichos valores en una nueva columna que tendrá inicio en la celda “W7”. Pese a que el algoritmo que se presenta corresponde al método Bootstrap Montos Ajustados por Varianza (BMAV), es importante aclarar que se siguió el mismo procedimiento al realizar la macro de los métodos Bootstrap faltantes.

Una vez calculadas las 10000 simulaciones, los valores obtenidos se ordenan de menor a mayor, para así poder obtener los estadísticos de interés. A manera de ejemplo, en la siguiente figura se muestran las primeras, y las últimas diez simulaciones del BMAV:

Tabla 24: Simulaciones del Bootstrap Montos Ajustados por Varianza

n	Ultimate
1	-4,698,520,679.41
2	-1,705,035,559.60
3	-1,275,732,776.02
4	-1,025,830,251.60
5	-617,217,822.90
6	-449,123,035.69
7	-436,450,005.00
8	-426,796,264.45
9	-363,878,057.04
10	-342,087,769.94
9990	644,694,562.63
9991	708,696,085.56
9992	772,301,133.90
9993	806,375,278.06
9994	898,374,657.14
9995	974,562,391.74
9996	1,188,186,751.09
9997	2,721,993,790.18
9998	9,670,045,534.10
9999	12,776,030,184.22
10000	21,593,194,213.94

Fuente: Elaboración Propia

A partir de las simulaciones elaboradas, se obtuvieron los valores correspondientes de la media, mediana, el percentil 99.5%, y el riesgo de reserva para cada método Bootstrap. Es entonces que se presentan los siguientes resultados.

Tabla 25: Estadísticos de los Métodos Bootstrap

	Bootstrap Montos	Bootstrap Factores	Bootstrap Montos Ajustados por Varianza
<b>Media</b>	274,368,068.30	248,938,170.96	228,919,004.99
<b>Mediana</b>	269,322,510.19	243,537,937.52	224,862,315.69
<b>Percentil 99.5</b>	918,518,163.49	351,885,991.32	332,699,052.62
<b>RCS</b>	649,195,653.30	108,348,053.80	107,836,736.93

Fuente: Elaboración Propia

Para el Bootstrap Montos (BM), se tiene que la media en comparación con la mediana, tiene una desviación de 5.05 mdp (1.87%), mientras que para el Bootstrap Factores (BF), la media y la mediana presentan una diferencia de 5.4 mdp (2.22%); finalmente la

desviación que existe entre la media y mediana obtenidas bajo el BMVA es de 4.06 mdp (1.80%). Como se puede observar en la figura anterior, el resultado de la media y mediana bajo BMAV, es el valor obtenido más pequeño entre los métodos, si se habla de la media, se puede ver que existe una desviación de 45.45 mdp (19.85%) en comparación con el BM, y una desviación de 20.02 mdp (8.75%) frente al BF; por lo que se refiere a la mediana, existe una diferencia de 44.46 mdp (19.77%), y 18.68 mdp (8.31%) en comparación con BM y BF respectivamente.

Además, el BM presenta un percentil 99.5% significativamente más alto que en los otros métodos, ocasionando así que el riesgo de reserva bajo éste método también sea mayor, lo cual concuerda con los estudios de Kikuchi et al. (2010), esto debido a que el método supone una misma distribución para todas las reclamaciones independientemente del periodo de desarrollo, mientras que en la realidad éstas van reduciendo a partir de cierto punto, puesto que las reclamaciones muy tardías son poco frecuentes, esto trae como consecuencia que el método sobrevalore la variabilidad, resultando en un percentil 99.5% elevado, muy diferente al BF que considera la variabilidad de cada periodo al estratificar la muestra.

Aunado a esto, se puede observar que para cubrir el Requerimiento de Capital de Solvencia (RCS) bajo el BM, se requiere de una cantidad de capital significativa, mientras que bajo BF y BMAV dicho monto no es tan elevado. Para saber qué método Bootstrap es conveniente utilizar, se emplea la medida que se obtiene de dividir el RCS entre el BEL calculado bajo el método de Chain-Ladder, mismo que se presenta más adelante; dicha medida representará el porcentaje de reserva necesario para cubrir el RCS; hecha esta salvedad, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 26: Comparación de los Métodos Bootstrap

	RCS	RCS/CL
<b>Bootstrap Montos</b>	649,195,653.30	241.06%
<b>Bootstrap Factores</b>	108,348,053.80	40.23%
<b>Bootstrap Montos Ajustados por Varianza</b>	107,836,736.93	40.04%

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a lo mostrado en la tabla anterior, se puede observar que el método que más conviene utilizar es el BMAV, pues solo se tendría que aportar el 40.04% de la reserva calculado bajo este método, mientras que el resultado obtenido para el BM, confirma el hecho de que sería imposible cubrir el RCS con los recursos actuales de la compañía.

Es importante mencionar que las simulaciones solo se realizaron para los métodos Bootstrap, puesto que los métodos de Regresión Lineal (RL) y Chain-Ladder (CL) son considerados métodos mecánicos o determinísticos, debido a que para su aplicación no se involucra el uso de aleatorios. Por otro lado, los valores que se tomaron como el BEL en los métodos Bootstrap, corresponden al valor de la mediana obtenida a partir de las simulaciones elaboradas; esto es porque pese a que la media puede ser interpretada como un punto de equilibrio de un conjunto de datos, es una medida que afecta la dispersión de los mismos, es decir, entre menos homogéneos sean, menos información proporcionará; mientras que la mediana es menos sensible a la oscilación de los valores de la variable, por lo cual no se ve afectada por la dispersión. Así pues, el mejor estimador (BEL) para la reserva de siniestros se muestra a continuación:

Tabla 27: Resultados obtenidos con los modelos propuestos

<b>Chain-Ladder</b>	269,305,250.06
<b>Regresión Lineal</b>	281,471,852.58
<b>Bootstrap Montos</b>	269,322,510.19
<b>Bootstrap Factores</b>	243,537,937.52
<b>Bootstrap Montos Ajustados por Varianza</b>	224,862,315.69

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta la tabla anterior, se puede observar que el método que arrojó el BEL más grande fue el método de RL, mientras que el BMAV arrojó el valor más pequeño, existiendo una desviación entre ambos métodos de 56.61 mdp (25.18%). Por otra parte, los resultados arrojados por los métodos CL y BM, son muy similares con apenas una diferencia de 0.017 mdp (0.01%), sin embargo, el BEL bajo BM es mayor que el de CL lo que concuerda con los resultados de Álvarez (2012).

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron a lo largo del estudio, se puede observar que aunque los valores de BEL obtenidos bajo BF y BMAV son los más pequeños, no cambia el hecho de que son los métodos más viables para ser aplicados, además cabe destacar que son métodos que van en línea con lo planteado por la nueva directiva de Solvencia II, en lo que se refiere al uso de métodos estocásticos para la constitución de reservas. Por otra parte, el hecho de que no se puedan elaborar inferencias sobre los resultados obtenidos bajo CL y RL, genera una gran limitante para conocer la viabilidad de dichos métodos, coincidiendo así con las afirmaciones hechas por Boj et al. (2014) y por Villanueva (2015).

Finalmente, la valuación de la reserva es el resultado de sumar el mejor estimador (BEL) y el margen de riesgo, sin embargo, debido a la falta de información referente a la base de capital, la duración de las obligaciones futuras y primas emitidas, se consideran como futuras líneas de estudio para la presente tesis, realizar el cálculo tanto del margen de riesgo como del método estatutario, mismos que son de suma importancia para el cálculo de las reservas, basándose en la metodología que plantea Solvencia II.

## CONCLUSIONES

Como se ha mencionado en este trabajo, las aseguradoras son aquellas empresas que se encargan de ofertar productos, encaminados a la cobertura de distintos riesgos, que al materializarse pueden ocasionar daños que afecten no solo el patrimonio de los contratantes, sino también la integridad física de los mismos. Dichos productos son conocidos como seguros, y son considerados como el medio más económico para hacer frente a un siniestro.

Partiendo del punto anterior, se puede decir que es de suma importancia prestar atención a la forma en que estas empresas llevan a cabo sus operaciones, para poder satisfacer no solo las necesidades de su cliente sino también las propias, esto con el fin de evitar situaciones de quebrantos financieros, que a la larga se derivan en problemas económicos y sociales. Es por ello que en el año 2013, se promulgó la nueva Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas (LISF), que en conjunto con la Circular Única de Seguros (CUSF), exponen una normativa de seguros tomando en cuenta el esquema europeo de Solvencia II, y cuyo principal objetivo es el establecimiento de esquemas, que permitan a las aseguradoras contar con los recursos necesarios, basándose en la medición de los riesgos que éstas asumen. Con dicho esquema de solvencia, se planea hacer que las empresas sean conscientes del control y gestión de sus riesgos, propiciando así el escenario perfecto para que el sector asegurador mexicano se consolide, y fortalezca a través de la especialización de las aseguradoras, y el incremento de la transparencia y reglas bajo las que operen las mismas.

El enfoque del presente trabajo de investigación, fue conocer la manera en que se lleva a cabo la valuación de las reservas de una compañía de seguros; su importancia radica en que dichas reservas están diseñadas para hacer frente a futuras obligaciones, lo cual en el largo plazo repercutirá en la solvencia de la aseguradora. De acuerdo con Solvencia II, las reservas serán constituidas a partir del cálculo del mejor estimador (BEL), al cual se le agregará un margen de riesgo, sin embargo, el cambio principal de un esquema a otro, se centra en la transición del uso de métodos determinísticos al uso de métodos estocásticos, para llevar a cabo la valuación de las mismas.

Al hablar de métodos determinísticos, se tiene que su principal ventaja radica en la sencillez del proceso para su aplicación, sin embargo, consideran que los datos no tienen

variación alguna en el tiempo. Por otra parte, los métodos estocásticos son aquellos que tienen datos asociados a una distribución de probabilidad, los datos varían con el tiempo, y por ende se requiere de la simulación, para encontrar el patrón de comportamiento de los valores que se estén estudiando. Así pues, en esta tesis se realizó el cálculo del BEL de Siniestros a través de cinco métodos diferentes; dos determinísticos: Chain-Ladder (CL) y Regresión Lineal (RL), y tres estocásticos: Bootstrap Montos (BM), Bootstrap Factores (BF) y Bootstrap Montos Ajustados por Varianza (BMAV).

De acuerdo con los resultados obtenidos, el BEL calculado bajo los métodos CL y RL, se encuentra dentro de los montos más altos, además y en concordancia con los estudios de Álvarez (2012) y Villanueva (2015), debido a que son métodos mecánicos no se pueden realizar inferencias a partir de los valores obtenidos, puesto que no se prestan para realizar simulaciones, que permitan calcular estadísticos que describan de una mejor manera el comportamiento del BEL, esto trae como consecuencia una desventaja frente a cualquier método estocástico, pues no existe un parámetro a considerar que indique que son métodos más viables, sin embargo, es importante resaltar que el método CL, es de los más utilizados en el sector asegurador al momento de calcular una reserva de siniestros, así mismo, funge como la base para algunos métodos estocásticos, no solo para su cálculo, sino también como punto de partida para futuras comparaciones entre métodos.

Por otra parte, en lo que se refiere a los métodos Bootstrap, se tiene que los resultados obtenidos en el percentil 99.5% de los métodos BM y BF, concuerdan con los estudios de Kikuchi et al. (2010), puesto que el valor obtenido por el primer método es mayor que el obtenido por el segundo, esto como resultado de la estratificación hecha en el BF, al hacer una muestra por periodo y no por la totalidad de los mismos, contribuyendo así a tomar en cuenta la variabilidad de las reclamaciones. Es importante resaltar que el BF, es el método bootstrap más sencillo de aplicar, además que de acuerdo a los valores que fueron calculados bajo este método, se puede observar que es un buen método para calcular el BEL de una reserva, sin embargo, considerando los estudios de la AMIS (2010), al usar este método se puede incurrir en un percentil 99.5% menor a la reserva calculada bajo CL; es entonces que el método más viable para calcular el BEL es el BMAV, puesto que permite constituir una reserva de siniestros suficiente para hacer

frente a las obligaciones futuras, al mismo tiempo arroja un valor de RCS razonable, y existe evidencia de que usar este método es muy conveniente, ya que al realizar la razón dada por RCS/CL, arrojó que solo se requiere del 40% de la reserva para cubrir el RCS.

Dado que el esquema de Solvencia II, plantea una suficiencia de capital basada en los riesgos, es importante que se realicen los cálculos y procedimientos adecuados, para garantizar que se tiene el capital necesario para cumplir con futuras obligaciones, es decir, no constituir reservas menores, puesto que esto traería como consecuencia una insuficiencia de capital que podría terminar en grandes pérdidas, pero tampoco se busca sobrevaluar una reserva, debido a que se podría incurrir en tener capital oscioso, que a la larga se vería reflejado en el crecimiento de la compañía.

A partir del punto anterior, se puede decir que el uso de métodos estocásticos, permite obtener una mayor precisión que los métodos determinísticos en los estadísticos que se calculen, pues entre más simulaciones se utilicen para conocer el comportamiento de los datos, mayor será la certeza de los resultados, probando así, que el uso de métodos estocásticos es más apropiado que el uso de métodos determinísticos, lo que lleva a probar la hipótesis de la investigación.

Debido a que una de las principales limitaciones del presente trabajo, radicó en la obtención de información, se consideran como futuras líneas de investigación la elaboración del margen de riesgo, que es el complemento del BEL al momento de constituir una reserva, y la elaboración del Método Estatutario para la valuación de reservas propuesto en la CUSF.

Finalmente, es importante destacar que pese a las ventajas que traerá consigo la entrada en vigor de Solvencia II, representa un gran reto para el sector asegurador mexicano, no solo por los cambios que representa el uso de métodos y modelos propios, sino también por el cambio en la cultura de negocio que se espera se dé en las aseguradoras.

## GLOSARIO DE SEGUROS

**Accidente:** Acontecimiento inesperado, repentino e involuntario que pueda ser causa de daños a las personas o a las cosas independientemente de su voluntad.

**Asegurable:** Persona o bien que reúne las características predeterminadas para poder ser objeto de la cobertura del seguro.

**Asegurado:** Persona que en sí misma o en sus bienes o intereses económicos está expuesta al riesgo. En el sentido estricto, es la persona sobre la cual recae la cobertura del seguro.

**Asegurador:** Persona que mediante la formalización de un contrato de seguro asume las consecuencias dañosas producidas por la realización del evento cuyo riesgo es objeto de cobertura.

**Beneficiario:** Persona natural o jurídica, que ha sido designada por quien contrata el seguro para recibir la indemnización pactada en caso de producirse un siniestro.

**Capital de Solvencia Obligatorio:** Corresponde al capital económico que deben poseer las empresas de seguros y reaseguros para cumplir con sus obligaciones frente a los tomadores y beneficiarios de seguros en los doce meses siguientes con una probabilidad del 99.5%.

**Capital Mínimo Obligatorio:** Nivel de fondos propios por debajo del cual los tomadores y beneficiarios, en caso de continuar con las empresas de seguros y reaseguros su actividad, estarían expuestos a un nivel de riesgo inaceptable.

**Cartera de Seguros:** Conjunto de pólizas de seguros cuyos riesgos están cubiertos por una entidad aseguradora.

**Coaseguro:** Participación por parte del asegurado en el total de los gastos generados en un siniestro después de aplicar el deducible.

**Coberturas:** Son los riesgos que asume el asegurador (pueden ser uno o más) y que se describen en la póliza.

**Contratante:** Persona natural o jurídica que ha firmado un contrato de seguro, comprometiéndose a pagar el precio (prima) que el asegurador cobra por la prestación.

**Contrato De Seguro:** Documento suscrito con una entidad de seguros en el que se establecen las normas que han de regular la relación contractual de aseguramiento entre

ambas partes (asegurador y asegurado), especificándose sus derechos y obligaciones respectivos.

**Costo De Administración:** Corresponde al costo de los gastos que debe efectuar la institución, derivados de la administración del plan, entre otros, pagos de sueldos, equipo, insumos, etc.

**Costo de Adquisición:** Corresponde al costo total que se deriva de la contratación del producto, específicamente, lo correspondiente a la publicidad y comisiones pagadas a los agentes.

**Deducible:** Monto de la pérdida a cargo del asegurado antes de que los beneficios sean aplicados.

**Exclusiones:** Aquellos riesgos o circunstancias que de acuerdo a la póliza no están cubiertas.

**Franquicia:** Cantidad por la cual el asegurado es propio asegurador de sus riesgos y en virtud de la cual, en caso de siniestro, soportará con su patrimonio la parte de daños que le corresponda.

**Indemnización:** Importe que está obligado a pagar contractualmente el asegurador en caso de producirse un siniestro.

**Interés Asegurable:** Interés económico, legal y substancial de quien desee contratar una póliza a los fines de cubrir un riesgo. Es el objeto del contrato.

**Margen de Riesgo:** Costo de asegurar que el capital requerido esté disponible para mantener las obligaciones de seguros para años subsecuentes.

**Margen de Solvencia:** Conjunto de recursos constituidos por patrimonio propio no comprometido, coincidente en cierta medida con el patrimonio neto contable que, como mínimo, deben tener las entidades aseguradoras en todo momento para garantizar económicamente al máximo los compromisos con los asegurados.

**Margen de Utilidad:** Corresponde a la porción de prima que será destinada a la utilidad de la compañía.

**Mejor Estimador:** Valor correspondiente a la media de los flujos de caja futuros ponderada por su probabilidad, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

**Modelo Interno:** Sistema de gestión de riesgos de una aseguradora para el análisis de la situación general de riesgos de la empresa de seguros para cuantificar los riesgos y/o determinar la exigencia de capital sobre la base del perfil específico del riesgo de la compañía.

**Periodo de Gracia:** Período durante el cual están en vigor las coberturas de la póliza, aunque no se hayan pagado las primas correspondientes, por lo general es de un mes a partir de la fecha de vencimiento de pago de la prima.

**Póliza:** Documento que instrumenta el contrato de seguro, en el que se reflejan las normas que de forma general, particular o especial, regulan la relación contractual convenida entre el asegurador y el asegurado.

**Prima de Riesgo:** Costo real del riesgo asumido, sin incluir gastos de gestión externa o interna del asegurador. Corresponde al costo esperado de la siniestralidad y es la porción de la prima de tarifa que debe destinarse para el pago de las reclamaciones por concepto de siniestros.

**Prima de Tarifa:** La prima de tarifa es el costo del seguro, que está compuesto por el costo esperado de la siniestralidad, el costo de adquisición, el costo de administración y el margen de utilidad.

**Prima Devengada:** Es la porción de prima correspondiente al periodo estricto de seguro transcurrido durante el ejercicio en que se ha asumido la cobertura del riesgo.

**Prima Emitida:** Es aquella que corresponde al nacimiento o renovación del contrato de seguro.

**Prima no devengada:** Porción de prima que corresponde al periodo de seguro no transcurrido.

**Prima:** Aportación económica que ha de satisfacer el contratante o asegurado a la entidad aseguradora en concepto de contraprestación por la cobertura del riesgo que ésta ofrece.

**Ramo:** Modalidad o conjunto de modalidades de seguros relativas a riesgos de características o naturaleza semejantes.

**Reaseguro:** Hecho mediante el cual el Asegurador transfiere parte del riesgo asumido al contratar un seguro, y por el que recibirá parte del pago que deberá realizar en caso de

que se produzca el evento cuyo riesgo es objeto de cobertura. **Recargo:** Aumento de la prima que se cobra al asegurado para poder asumir riesgos mayores que lo normal.

**Reserva de riesgos en Curso:** Cantidad suficiente que cubrirá el valor esperado de los costos futuros de siniestralidad y otras obligaciones contractuales. Reserva correspondiente a la prima no devengada de los seguros de No Vida.

**Reserva Matemática:** Se refiere a la reserva de riesgos en curso correspondiente a los seguros de vida y pensiones.

**Reservas técnicas:** Se refiere a las reservas ligadas directamente con los riesgos que se encuentran en curso, incluyendo obligaciones pendientes, provisiones para contingencias y fondos catastróficos.

**Reservas:** Provisión constituida por las entidades aseguradoras para atender las obligaciones contraídas con sus asegurados.

**Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Es la posibilidad de que la persona o bien asegurado sufra el siniestro previsto en las condiciones de póliza.

**Seguro Colectivo:** Contrato que reúne a un grupo de personas unidas por un interés común previo a la adhesión del seguro, pero diferente a la motivación de contratar el seguro, que cumple las condiciones de asegurabilidad y cuya cobertura se realiza mediante contrato único suscrito por el asegurador y el contratante.

**Seguro:** Instrumento por el cual el asegurador se obliga, mediante el cobro de una prima a abonar, dentro de los límites pactados, un capital u otras prestaciones convenidas, en caso de que se produzca el evento cuyo riesgo es objeto de cobertura.

**Siniestro:** Manifestación del riesgo asegurado. Acontecimiento o hecho previsto en el contrato de seguro que por causar daños concretos establecidos en la póliza genera la obligación de indemnizar al Asegurado.

**Solicitud de Seguro:** Instrumento donde se especifica al asegurador la naturaleza del riesgo, sus características, el importe que se desea asegurar, etc. A través de este, el asegurador aceptará o rechazará el riesgo tras el estudio de dicha propuesta.

**Solvencia:** Proceso por el cual una entidad aseguradora demuestra su capacidad presente y futura para responder a factores de riesgo.

**Suma Asegurada:** Es la suma de dinero que el asegurador se obliga a pagar al asegurado, en caso de la ocurrencia de un siniestro y según las condiciones señaladas en la póliza.

**Vencimiento de la Póliza:** Fecha pactada en el contrato para la finalización del mismo.

**Vigencia Del Seguro:** Plazo durante el cual el contrato está en vigor y el asegurado se encuentra cubierto.

## **GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS**

**AMA:** Asociación Mexicana de Actuarios A.C.

**AMAI:** La Asociación Mexicana de Asesores Independientes de Inversiones.

**AMIS:** Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros.

**ASSAL:** Asociación de Supervisores de Seguros de América Latina.

**BC:** Base de Capital.

**BEL:** Best Estimate Liabilities (Mejor Estimador).

**CA:** Costo de Adquisición.

**CEIOPS:** Committee of European Insurance and Occupational Pensions.

**CNSF:** Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

**CONAC:** Colegio Nacional de Actuarios.

**CONDUSEF:** Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros.

**CUS:** Circular Única de Seguros.

**CUSF:** Circular Única de Seguros y Fianzas.

**DGSFP:** Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones.

**DOF:** Diario Oficial de la Federación.

**DU:** Duración de las Obligaciones.

**EIC:** Estudios de Impacto Cualitativo.

**EIOPA:** European Insurance and Occupational Pensions Authority.

**EIQ:** Estudios de Impacto Cuantitativo.

**GNP:** Grupo Nacional Provincial.

**IAIS:** Asociación Internacional de Supervisores de Seguros.

**IFRC:** Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.

**LISF:** Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas.

**MCR:** Minimum Capital Requirement (Capital Mínimo Obligatorio).

**MR:** Margen de Riesgo.

**MSres:** Estimador de la varianza de los residuales en cada columna.

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

**OPC:** Obligaciones Pendientes de Cumplir.

**ORSA:** Own Risk and Solvency Assessment.

**PFA:** Primas Futuras Actualizadas.

**PR:** Prima de riesgo.

**PT:** Prima de tarifa cobrada.

**PTT:** Prima de Tarifa Total.

**QIS:** Quantitative Impact Study (Estudio de Impacto Cuantitativo).

**RAE:** Real Academia Española.

**RCS:** Requerimiento de Capital de Solvencia.

**RRC:** Reserva de Riesgos en Curso.

**SBS:** Superintendencia de Banca y Seguros y Administradoras de Fondos de Pensiones.

**SCR:** Solvency Capital Requirement (Capital de Solvencia Obligatorio).

**SHCP:** Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

**SONOR:** Reserva de Siniestros Ocurridos no Reportados.

**SPV:** Siniestros Pendientes de Valuación.

**SST:** Swiss Solvency Test (Prueba Suiza de Solvencia).

**v.a.i.i.d:** Variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas.

**VaR:** Valor en Riesgo.

**VMA:** Valor de Mercado de Activos.

**VMP:** Valor de Mercado de Pasivos.

**VPE:** Valor estimado actual de los flujos de egresos futuros.

**VPI:** Valor actual de los flujos de ingresos futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, M. (2008). *Solvencia II, Avances y expectativas en la unión Europea*. Disponible en [https://www.amis.com.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Solvencia\\_II\\_v5.pdf](https://www.amis.com.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Solvencia_II_v5.pdf)
- Aguilar, P. (2008). *Solvencia II: Los conceptos básicos*. Disponible en [http://www.amis.org.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Conceptos\\_Basicos\\_de\\_Solvencia\\_II\\_2.pdf](http://www.amis.org.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Conceptos_Basicos_de_Solvencia_II_2.pdf)
- Aguilar, P., y Gudiño, J. (2007). *Fundamentos actuariales de primas y reservas de fianzas*. México: MAPFRE.
- Aguilera, M. (2008). *Solvencia II: Los conceptos básicos*. Disponible en [http://www.amis.org.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Conceptos\\_Basicos\\_de\\_Solvencia\\_II\\_2.pdf](http://www.amis.org.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Conceptos_Basicos_de_Solvencia_II_2.pdf)
- Aguilera, M. (2011). *La implementación de Solvecnia II en México*. Disponible en [http://www.cnsf.gob.mx/Difusion/OtrasPublicaciones/Presentaciones/MAguilera\\_Congreso%20AMA\\_24.09.2011.pdf](http://www.cnsf.gob.mx/Difusion/OtrasPublicaciones/Presentaciones/MAguilera_Congreso%20AMA_24.09.2011.pdf)
- Aguilera, M. (2012). *Solvencia II en México*. Disponible en [http://www.actuaries.org/FUND/Mexico\\_2012/Aguilera.pdf](http://www.actuaries.org/FUND/Mexico_2012/Aguilera.pdf)
- Alonso, P. (2007). *Solvencia II: Ejes del proyecto y diferencias con Basilea II*. Fundación Mapfre. Disponible en [http://www.mapfre.com/documentacion/.../i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1029279](http://www.mapfre.com/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1029279)
- Albarrán, I., y Alonso, P. (2010). *Métodos estocásticos de estimación de las provisiones técnicas en el marco de Solvencia II*. Madrid. Fundación Mapfre.
- Alonso, P., y Albarrán, I. (2007). *Análisis del riesgo en seguros en el marco de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping*. Madrid. Fundación Mapfre.

- Álvarez, J. (2012). Estimación de reservas en una compañía aseguradora. Una aplicación en Excel del método Chain-Ladder y Bootstrap. *Métodos Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, pp 124-136.
- Asociación Mexicana de Actuarios A.C. (2014). Deducibilidad de las Reservas Técnicas. Disponible en <http://www.conac.org.mx/cont/ReformaHacendaria/ReformaHacendaria-ReservasTecnicas.pdf>
- Asociación Mexicana de Asesores Independientes de Inversiones A.C. (2014). *Sistema Financiero Mexicano*. Disponible en <http://www.amaii.com.mx/AMAII/Portal/cfpages/contentmgr.cfm?fuelle=nav&docId=97>
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (2010). *Solvencia II*. México.
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (2015). ¿Quiénes somos? Disponible en <http://www.amis.com.mx/amis/somos.html>
- Asegurándome (2015). *Las Reservas*. Disponible en <http://asegurandome.com.ve/las-reservas/>
- Avilés, I. (2014). *Gobierno Corporativo*.
- Boal, N. (2015). *Diccionario Económico Expansión*. Disponible en <http://www.expansion.com/diccionario-economico/solvencia.html>
- Boj, E., Costa, T., y Espejo, J. (2014). Provisiones técnicas por años de calendario mediante el modelo lineal generalizado. Una aplicación con RExcel. *Anales del Instituto de Actuarios Españoles*, pp 83-116.
- CaixaBank. (2011). *Las Normas de Basilea*. Disponible en [https://www.caixabank.com/deployedfiles/caixabank/Estaticos/PDFs/Aprenda\\_con\\_caixabank/aula801\\_w.pdf](https://www.caixabank.com/deployedfiles/caixabank/Estaticos/PDFs/Aprenda_con_caixabank/aula801_w.pdf)
- Calderón, M. A. (2013). La modernización regulatoria del Sector Asegurador en México. *Actuarios*, pp 37-42.

- CEIOPS. (2005). *EU Solvency II project, the first Quantitative Impact Study*. Disponible en [http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/qis1\\_1.pdf](http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/qis1_1.pdf)
- CEIOPS. (2006). *Quantitative Impact Study 2*. Disponible en [http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/QIS2/CEIOPS-FS-0606-QIS2CoverNote.pdf](http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/QIS2/CEIOPS-FS-0606-QIS2CoverNote.pdf)
- CEIOPS. (2007). *Quantitative Impact Study 3*. Disponible en [http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/QIS3/QIS3CoverNote.pdf](http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/QIS3/QIS3CoverNote.pdf)
- CEIOPS-FS-06/06 . (2006). *Quantitative Impact Study 2*. Disponible en [http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/QIS2/CEIOPS-FS-0606-QIS2CoverNote.pdf](http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/QIS2/CEIOPS-FS-0606-QIS2CoverNote.pdf)
- CEIOPS-FS-10/07 . (2007). *Quantitative Impact Study 3*. Disponible en [http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/QIS3/QIS3CoverNote.pdf](http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/QIS3/QIS3CoverNote.pdf)
- CEIOPS-FS-12/05 . (2005). *EU Solvency II project, the first Quantitative Impact Study* . Disponible en [http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/qis1\\_1.pdf](http://archive.eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/qis1_1.pdf)
- *Circular Única de Seguros*. (2010).
- *Circular Unica de Seguros y Fianzas* (2014).
- *Comisión Nacional de Seguros y Fianzas*. (2010). ¿Qué es la CNSF? Disponible en <http://www.cnsf.gob.mx/CNSF/Paginas/somos.aspx>
- *Comisión Nacional de Seguros y Fianzas*. (2013). Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas. Disponible en [http://www.conac.org.mx/novedades/FORO\\_REFLEXION/4\\_manuel-calderon.pdf](http://www.conac.org.mx/novedades/FORO_REFLEXION/4_manuel-calderon.pdf)
- *Colegio Nacional de Actuarios*. (2003). Estándar de Práctica Actuarial No. 2. Disponible en <http://www.conac.org.mx/estandares/2.pdf>

- Correa, J. C. (2004). Método bayesiano bootstrap y una aplicación en la estimación del percentil 85 en ingeniería de tránsito. *Revista Colombiana de Estadística*, pp 99-107.
- *Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones*. (2013). Disponible en [http://www.dgsfp.mineco.es/sector/documentos/Normativa%20comunitaria/SOLVENCIA%202%20\(vigor%20a%20partir%20de%201-1-2016\)/PROPUESTA%20RETRASO%20FECHA%20SII%20.pdf](http://www.dgsfp.mineco.es/sector/documentos/Normativa%20comunitaria/SOLVENCIA%202%20(vigor%20a%20partir%20de%201-1-2016)/PROPUESTA%20RETRASO%20FECHA%20SII%20.pdf)
- *Diario Oficial de la Federación*. (2003). Circulas S-10.6.6. Disponible en [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=691076&fecha=30/09/2003&print=true](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691076&fecha=30/09/2003&print=true)
- *Diario Oficial de la Unión Europea*. (2009). Sobre el seguro de vida, el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II). Disponible en <https://www.boe.es/doue/2009/335/L00001-00155.pdf>
- *Diccionario de la Lengua Española* (1970).
- *European Insurance and Occupational Pensions Authority*. (2011). Report on the fifth Quantitative Impact Study (QIS5) for Solvency II. Disponible en [https://eiopa.europa.eu/Publications/Reports/QIS5\\_Report\\_Final.pdf#search=filen ame%3AQIS5%5Freport%5Ffinal%2Epdf](https://eiopa.europa.eu/Publications/Reports/QIS5_Report_Final.pdf#search=filen ame%3AQIS5%5Freport%5Ffinal%2Epdf)
- Elizondo, A. y Guerrero , V. (1994). Métodos de Pronóstico de Siniestralidad Ocurred pero no Reportada. Pronosticadores Estadísticos. *Agrociencia* , pp 85-96. Disponible en [http://www.cnsf.gob.mx/Eventos/Premios\\_2014/1994%201er.%20lugar.pdf](http://www.cnsf.gob.mx/Eventos/Premios_2014/1994%201er.%20lugar.pdf)
- Esteva, E. y Balderas , G. (2014). *Curso de Reservas de Siniestros*. Towers Watson. Disponible en <https://piensaama.files.wordpress.com/2014/09/curso-reservas-de-siniestros.pdf>
- Flores, O. G. (2007). *La Institución del Seguro Privado en México*. Segunda Edición. Vol. 1. México. Porrúa.
- Fundación MAPFRE. (2014). *Objeto del seguro*. Diccionario MAPFRE de seguros. Disponible en

<http://www.mapfre.es/wdiccionario/terminos/vertermino.shtml?o=objeto-del-seguro.htm>

- Fundación MAPFRE. (2015). Triángulo de Siniestros. *Diccionario MAPFRE*. Disponible en <https://www.fundacionmapfre.org/wdiccionario/terminos/vertermino.shtml?t=triangulo-de-siniestros.htm>
- González, H. (2009). *Evolución Microbiana Sistemática*. Disponible en [http://www.slidefinder.net/e/evolucion\\_microbiana\\_sistemica/2\\_evolucion\\_microbiana\\_y\\_sistemica/28888587/p2](http://www.slidefinder.net/e/evolucion_microbiana_sistemica/2_evolucion_microbiana_y_sistemica/28888587/p2)
- *Grupo Nacional Provincial*. (2015). Las reservas de las compañías aseguradoras. Disponible en <http://www.seguros-seguros.com/reservas-aseguradoras.html>
- Guardiola, A. (2001). *Manual de introducción al seguro*. Madrid. MAPFRE S.A.
- Hernández, E., & Martínez, M. (2012). *Boletín Científico Técnico INIMET*. El método bootstrap en la estimación de incertidumbres., pp 8-16.
- Hernández, A., Moraleda, V., y Sánchez, M. (2011). *Crisis económicas a lo largo de la historia*. Disponible en [http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/revistas/cuadernos\\_formation/12\\_2011/05\\_11.pdf](http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/revistas/cuadernos_formation/12_2011/05_11.pdf)
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (2014). *¿Qué es la vulnerabilidad?* Disponible en <http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/que-es-la-vulnerabilidad/>
- Kikuchi, M., & Guillén, K. (2010). Método bootstrap de factores estratificados. *Actuarios Trabajando: Revista Mexicana de investigación Actuarial Aplicada.*, pp 37-50.
- Kisbye, P. (2010). *Bootstrap*. Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física. Disponible en [http://www.famaf.unc.edu.ar/~kisbye/mys/clase15\\_pr.pdf](http://www.famaf.unc.edu.ar/~kisbye/mys/clase15_pr.pdf)

- KPMG. (2008). *Solvency II Quantitative Impact Studies*. Disponible en [http://www.ermssymposium.org/2008/pdf/handouts/Q/Q4\\_hay.pdf](http://www.ermssymposium.org/2008/pdf/handouts/Q/Q4_hay.pdf)
- KPMG. (2012). Jornada sobre “Solvencia II: últimos desarrollos”. *Basilea II como antecedente de Solvencia II*. Disponible en <http://www.actuarios.org/Privado/solvencia/jornada%2024-11-2005/2-Basilea%20II%20como%20antecedente%20de%20Solvencia%20II.pdf>
- Lantares Solutions. (2014). Qué es Solvencia II y de qué modo afecta a los consumidores. Disponible en <http://www.lantares.com/blog/que-es-solvencia-ii-y-de-que-modo-afecta-a-los-consumidores>
- Lantares Solutions. (2014). Diferencias entre Solvencia II Directiva y Solvencia I. Disponible en <http://www.lantares.com/blog/diferencias-entre-solvencia-ii-directiva-y-solvencia-i>
- Ledesma, R. (2008). Introducción al Bootstrap. Desarrollo de un ejemplo acompañado de software. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*. pp 51-60.
- López, A., y Oliden, E. (2004). Estimaciones bootstrap para el coeficiente de determinación: Un estudio de simulación. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, pp 1-14.
- *Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas*. (2013).
- LLOYD’S. (2015). *Quantitative Impact Studies*. Disponible en <https://www.lloyds.com/the-market/operating-at-lloyds/solvency-ii/implementation-at-lloyds/quantitative-impact-studies>
- López, A., y Oliden, E. (2004). Estimaciones bootstrap para el coeficiente de determinación: Un estudio de simulación. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, pp 1-14.
- Lozano, A. G. (2001). *Manual de introducción al seguro*. Madrid. MAPFRE S.A.

- Mercado Asegurador. (2014). *Reserva de Siniestros*. Constitución de Reservas para Siniestros No-Vida:Afrontando un Desafío Estratégico 2° y última Parte. Disponible en <http://www.mercadoasegurador.com.ar/adetail.asp?id=2807>
- MetroCount. (2006). *Speed Analysis 1- The 85 Percentile Speed*. Disponible en [http://metrocount.com/downloads/flyers/Speed\\_analysis\\_1.pdf](http://metrocount.com/downloads/flyers/Speed_analysis_1.pdf)
- Nieto, U., y Vegas, J. (2001). Matemática de la estabilidad y la solvencia. La estabilidad del ente asegurador y financiero. *Matemática Actuarial* pp 251-252. España: MAPFRE S.A.
- Pérez, M. (2012). Estimación de incertidumbres. Guía GUM. *Revista Española de Metrología.*, pp 113-130.
- PricewaterhouseCoopers. (2007). *Solvencia II, Principios incluidos en la propuesta de Directiva*. Disponible en <https://www.pwc.com/cl/es/publicaciones/assets/solvencia2.pdf>
- Rocha, C. (2012). *Reservas Técnicas del Sector Asegurador*. Disponible en <http://reservastecnicascun.blogspot.mx/>
- Sánchez, O. G. (2000). *El contrato de Seguro Privado*. México. Porrúa .
- Santander. (2015). *Autocompara*. Disponible en <https://www.autocompara.com/ExpressoAutoCompara/aseguradoras.htm#>
- *Superintendencia de Banca y Seguros y Administradoras de Fondos de Pensiones*. (2012).
- Seguros para todos. (2012). *¿Qué es el seguro?* Disponible en <http://www.segurosparatodos.org/definicion-seguro-asegurar/>
- *Secretaría de Hacienda y Crédito Público*. (2003). Retos y Perspectivas del Sector Asegurador. Disponible en [http://www.cnsf.gob.mx/Eventos/Seminarios/XV\\_PERSECTIVAS\\_SECTOR\\_ASEGURADOR.pdf#search=composici%C3%B3n%20del%20sector%20asegurador](http://www.cnsf.gob.mx/Eventos/Seminarios/XV_PERSECTIVAS_SECTOR_ASEGURADOR.pdf#search=composici%C3%B3n%20del%20sector%20asegurador)

- *Secretaría de Hacienda y Crédito Público.* (2014). Misión. Disponible en <http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/Paginas/visionMision.aspx>
- Solanas, A., & Sierra, V. (1992). Bootstrap: Fundamentos e introducción a sus aplicaciones. *Anuario de Psicología*, pp 143-154.
- Swiss Re. (2015). *La regulación de la solvencia del seguro en Latinoamérica: modernización a diferentes velocidades.* Disponible en [http://media.swissre.com/documents/Insurance\\_solvency\\_regulation\\_in\\_Latin\\_America\\_es.pdf](http://media.swissre.com/documents/Insurance_solvency_regulation_in_Latin_America_es.pdf)
- The Free Dictionary. (2015). *Reserva.* Disponible en <http://es.thefreedictionary.com/reserva>
- Varela, C. A. (2010). La experiencia mexicana en su camino hacia Solvencia II. *Fasecolda*, pp 59-62. Disponible en [http://www.mapfre.es/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1061357](http://www.mapfre.es/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1061357)
- Villanueva, D. (2015). *Metodologías de cálculo de la reserva de siniestros ocurridos no avisados (IBNR).* Disponible en [http://repository.poligran.edu.co/bitstream/10823/713/3/METODOLOGIAS%20DE%20CALCULO%20DE.....%20\(IBNR\).pdf](http://repository.poligran.edu.co/bitstream/10823/713/3/METODOLOGIAS%20DE%20CALCULO%20DE.....%20(IBNR).pdf)
- Vinuesa, P. (2008). *Métodos de Distancia y Prueba Bootstrap* . Disponible en [http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/Cursos\\_PDFs/Tema5\\_metodos\\_de\\_distancias\\_y\\_prueba\\_de\\_bootstrap.pdf](http://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/Cursos_PDFs/Tema5_metodos_de_distancias_y_prueba_de_bootstrap.pdf)
- Yáñez, M. (2010). *Modelos para el Cálculo del Requerimiento de Capital de Solvencia Bajo Solvencia II.* Disponible en [http://www.fusa.org.mx/pdf/convenciones2010/4\\_AMIS.pdf](http://www.fusa.org.mx/pdf/convenciones2010/4_AMIS.pdf)