



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Solvencia II: Aplicación de Riesgo Accionario  
al Enfoque de los Seguros en México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
ACTUARIO

PRESENTA:  
JAIME ALBERTO GÓMEZ VILCHIS

DIRECTOR DE TESIS:  
ACT. FERNANDO PÉREZ MÁRQUEZ



2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# Agradecimientos

Agradezco a mis padres, Jaime y Carmen, a mis hermanos Itzel y Carlos, a mi familia en general, y a todas esas personas que han sido y que son parte importante de mi vida, que me han enseñado a no rendirme y a aprender de los errores, que me han enseñado a querer y a disfrutar de la vida; a todos ellos, agradezco su comprensión y apoyo.



# Índice general

<b>Agradecimientos</b>	<b>I</b>
<b>Introducción</b>	<b>V</b>
<b>1. Introducción a Solvencia II</b>	<b>1</b>
1.1. Solvencia II . . . . .	1
1.2. ¿Qué es Solvencia II? . . . . .	4
1.3. Estructura Lamfalussy . . . . .	5
1.4. Objetivos de Solvencia II . . . . .	6
1.5. Esquema General de Solvencia II . . . . .	7
1.6. Balance Económico de Solvencia II . . . . .	13
1.7. Esquema Modular de Solvencia II . . . . .	18
<b>2. Solvencia II Caso Mexicano</b>	<b>27</b>
2.1. Caso Mexicano . . . . .	27
2.2. VAR y TVAR . . . . .	31
2.3. Riesgo de Mercado . . . . .	37
2.3.1. Riesgo de Tasa de Interés . . . . .	40
2.3.2. Riesgo de Inmueble (Propiedad) . . . . .	42
2.3.3. Riesgo de Tipo de Cambio . . . . .	43
2.3.4. Riesgo de spread . . . . .	44
2.3.5. Riesgo de Concentración . . . . .	46
2.4. Riesgo Accionario . . . . .	50
2.5. Monte Carlo Estructurado . . . . .	52
<b>3. Riesgo accionario caso mexicano</b>	<b>57</b>
3.1. Índice IPC . . . . .	62
3.1.1. Aplicación del VAR por el método Monte Carlo para el IPC . . . . .	64
3.2. Índice Ishares MSCI World . . . . .	71

3.2.1. Aplicación del VAR por el método Monte Carlo para el Ishares MSCI World . . . . .	72
3.3. Índice de Sociedades de Inversión . . . . .	79
3.3.1. Aplicación del VAR por el método Monte Carlo para el ISI . . . . .	80
3.4. Ejercicio práctico del QIS 5 . . . . .	89
<b>Conclusiones</b>	<b>93</b>
<b>Anexo A</b>	<b>97</b>
<b>Anexo B</b>	<b>101</b>
<b>Anexo C</b>	<b>103</b>

# Introducción

Actualmente los riesgos a los que está expuesta una aseguradora no sólo constituyen los riesgos “tradicionales”, también una aseguradora tiene que lidiar con los riesgos financieros resultantes de la evolución del negocio, por ejemplo: una aseguradora tiene la necesidad de medir el riesgo de invertir sus reservas de tal manera que su inversión no constituya una pérdida. De esta forma la aseguradora también está expuesta a los riesgos financieros. Esta es una de las razones por las que la forma de medir los riesgos también tiene que evolucionar, hablando en el contexto del mercado asegurador. Debe de haber un control para poder manejar todo tipo de riesgos en los que están envueltos ya que éstos son consecuencia inevitable del crecimiento económico y la globalización. Por tal motivo, tanto las instituciones de seguros como las instituciones reguladoras, tienen que desarrollar nuevas formas para poder medir los riesgos que afectan a dicho mercado con el objetivo de garantizar a los asegurados que su patrimonio está a salvo.

Esta es una de las razones por la que la Unión Europea actualmente está ideando un nuevo marco de supervisión que contempla regular a las instituciones de seguros, haciéndolas más justas y eficientes. Esta normativa viene como consecuencia de la aparición de Basilea II (que regula a las instituciones bancarias) y las crisis financieras que azotan al mundo. Esta nueva normativa se llama Solvencia II y su próxima aplicación está atrayendo la atención de todo el mundo, incluyendo México y Latinoamérica.

El proyecto de Solvencia II pretende supervisar entre otros conceptos, la situación financiera de una entidad aseguradora de manera que las compañías actúen dentro de sus ámbitos de responsabilidad con un nivel de solvencia adecuado.

Solvencia II pretende medir los riesgos a los que está expuesta una compañía aseguradora, de tal manera que cada compañía conozca su posicionamiento frente a los riesgos para que ésta asuma una adecuada gestión de los mismos.

El mercado asegurador mexicano representa un amplio y sólido mercado, en el cual las primas directas conforman aproximadamente el 2 % del PIB nacional. Las actualmente (al 2013) 105 instituciones de seguros que conforman el mercado, están reguladas por La Secretaría de Hacienda y Crédito Público y bajo supervisión de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, la Comisión Nacional Bancaria y de Valores y la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros. Estos organismos llevan un control de los seguros en México y la propuesta de Solvencia II, aplicada al caso mexicano, es una normativa que tendrá que ser llevada por estas instituciones una vez que la Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas entre en vigor 730 días posteriores a su publicación en el Diario Oficial de la Federación (Febrero 2013).

Solvencia II está fuertemente influenciado por Basilea II, el cual sirvió como referencia, ya que su estructura es similar y que hay riesgos semejantes. También su regulación es parecida ya que tanto un banco como una aseguradora son intermediarios financieros.

El objetivo principal de esta tesis es el de proponer al mercado mexicano de seguros una forma con la cual se pueda medir el riesgo de tipo accionario, el riesgo de invertir. Es decir, usando como referencia el modelo europeo de Solvencia II, plasmado en el documento de especificaciones técnicas emitido por el European Insurance and Occupational Pension Authority (EIOPA) a través del estudio de impacto cuantitativo 5 (Quantitative Impact Study, QIS 5), se va a determinar factores con los que se puede controlar el riesgo de tipo accionario mediante Requerimientos de Capital, con esto se adapta el riesgo accionario de Solvencia II para el caso mexicano y obtener así el Riesgo Accionario para el caso Mexicano.

El capítulo uno del presente trabajo pretende introducir de manera breve el proyecto de Solvencia II: se explica ¿Qué es?, se da su antecedente, su objetivo y la forma en cómo esta estructurado. A través del capítulo dos, se da una explicación del caso en el que está México en esta materia, también se describe y analiza a fondo el riesgo de tipo accionario y su posible aplicación al mercado mexicano. Se explicará el Valor en Riesgo (VAR) por el método Monte Carlo, así como el uso del Movimiento Geométrico Browniano y la forma en cómo esta herramienta ayuda para poder controlar el riesgo de tipo accionario. En el último capítulo, se hará un estudio exhaustivo de la aplicación del VAR al mercado mexicano tomando como referencia el propuesto por el Estudio de Impacto Cuantitativo 5 (QIS 5), empezando con un análisis de los índices que mejor replican al mercado accionario mexicano, extranjero y el de fondos de inversión así como un estudio de los rangos de tiempo que

se deben de usar, se hará uso del Movimiento Geométrico Browniano para determinar, por medio del VAR por el método Monte Carlo, el Requerimiento de Capital de Solvencia que mejor se adecue a la situación que requieran las aseguradoras que tengan activos en acciones. Por último se propondrá un pequeño ejemplo donde se visualizará todo el trabajo antes realizado.



# Capítulo 1

## Introducción a Solvencia II

### 1.1. Solvencia II

En la actualidad una operación activa de seguros es cuando se presenta un acontecimiento futuro e incierto previsto por dos partes, que son el asegurado y la compañía de seguros. La cía. de seguros se compromete a cambio de una prima a resarcir un daño pactado de antemano por el asegurado, de manera directa o indirecta o mediante una suma de dinero.

El papel de las compañías de seguros es el de analizar los diversos siniestros a los que están expuestas las personas o sus bienes materiales y emitir contratos (pólizas) por los cuales las personas queden protegidas económicamente de estos daños que puedan ocurrir.

Teniendo esto en cuenta, se puede definir en cuanto al ámbito de seguros se trata que solvencia se refiere a los niveles de capital y reserva que deben mantener las instituciones de seguros y fianzas para garantizar el cumplimiento de sus obligaciones con un grado de seguridad razonable. En pocas palabras se puede decir que una empresa de seguros es solvente si sus activos alcanzan para pagar sus pasivos.

Debido a que el dinero de los asegurados es el que está en juego, los gobiernos locales han establecido una serie de normas que deben de seguir las instituciones de seguros para que el dinero de los clientes no se pierda en caso de riesgos extremos de la compañía aseguradora.

En los años cincuenta, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) creó un equipo de trabajo que estudió los datos de com-

pañías pertenecientes a Alemania, Dinamarca, Holanda, Italia, Suecia, Francia y Reino Unido. El estudio consistió en el análisis de la varianza de cómo se distribuía estadísticamente los siniestros brutos. De este estudio se llegó a la conclusión de que una compañía debe poseer un patrimonio mínimo de un 25 % de sus propios recursos, para garantizar una probabilidad de no entrar en ruina superior al 3 %.

En la década de 1960, la Comunidad Económica Europea creó una comisión para definir el requerimiento de capital que deberían de mantener las compañías aseguradoras de la Unión Europea. Este estudio abarcó datos de compañías pertenecientes a Italia, Bélgica, Francia y Alemania. El estudio consistió en analizar el índice de siniestralidad, siniestros brutos entre primas emitidas. De este análisis se observó que este índice se ajustaba razonablemente a una distribución Normal y que sus desviaciones variaban dependiendo de cada país.

Posteriormente se establecieron las normas que actualmente se encuentran en vigor y que son parte fundamental de Solvencia I. Estas se describen a continuación.

“En los seguros de no vida, el cálculo del requerimiento de capital se efectúa en función de las primas y siniestros. Por otro lado, a las primas emitidas durante un período, se le aplica un coeficiente del 18 % para los primeros 10 millones de dólares y del 16 % para el exceso. Paralelamente, el criterio base en función de siniestros toma en cuenta los siniestros más las reservas netas de los siniestros para el mismo periodo, y se les aplica un coeficiente del 26 % para los primeros 7 millones de dólares y del 23 % para el exceso de dicha cifra. Ambas cantidades son multiplicadas por un porcentaje de retención, no pudiendo ser inferior al 50 %, y de las dos alternativas así obtenidas, se elige la mayor. En los seguros de no vida, el requerimiento de capital se fija como la suma de un porcentaje de las reservas matemáticas más un porcentaje del monto de capital a riesgo. En concreto, el requerimiento de capital se calcula como el 4 % de la reserva Matemática más el 3 % del capital en riesgo”.<sup>1</sup>

Los motivos que han dado lugar al cambio del modelo europeo han sido un creciente cambio en los procesos de globalización de los mercados financieros, trayendo consigo un mercado asegurador cambiante y cada vez más competitivo, también el lanzamiento de nuevos productos con componentes financieros exige la aplicación de criterios de solvencia cada vez más parecidos a los bancos.

---

<sup>1</sup>Camacho Álvaro, Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea, 2009

El sistema actual es un sistema estático y retrospectivo que no tiene poder de predicción sobre la evolución futura de las compañías. No contempla aspectos que deberían ser tomados en cuenta como la identificación de riesgos que debe tener una aseguradora y su exposición a estos riesgos.

“La no consideración de los riesgos de activo en los cálculos del margen de riesgo, la no discriminación de la calidad del reaseguro, la penalización del asegurado que calcula de forma más prudente sus reservas técnicas, junto con los reclamos sobre los porcentajes aplicados tanto a primas como a siniestros históricos, son algunos de los factores que hacen que históricamente haya existido insatisfacción en el sistema de cálculo del margen de solvencia”.<sup>2</sup>

Estos son factores que incentivan la actualización del modelo, haciendo que el nuevo modelo suponga una mejor estimación de los riesgos reales para cada aseguradora y haciendo que los sistemas de supervisión sean de carácter preventivo y dinámico permitiendo evaluar la posición de solvencia de las entidades así como su evolución con el tiempo.

Por otro lado debido a las recurrentes crisis que llevaron a la quiebra a muchos bancos y la falta de elementos clave en el acuerdo internacional de Basilea I, en el 2004 fue acordado Basilea II como un nuevo estándar para la medición de riesgos en bancos así como para una mejor asignación del capital para cubrir dichos riesgos.

Los objetivos de Basilea II son:

- Promover la seguridad en el sistema financiero.
- Mantener un sano nivel de capital en el sistema financiero.
- Incrementar la competitividad bancaria.
- Construir una aproximación más completa hacia el cálculo de riesgo.
- Plantear métodos más sensibles al riesgo. (HSBC, Introducción a Basilea II-Gaceta de Basilea II,2007)

---

<sup>2</sup>Camacho Álvaro, Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea, 2009

Basilea II se compone de tres pilares, los cuales son:

**I. Requerimiento Mínimo de Capital.**

**II. Supervisión.**

**III. Disciplina de Mercado.**

Es de gran importancia mencionar esto debido a que Solvencia II está fuertemente influenciado por Basilea II. Basilea II aparece como referente y estímulo en la actualización de la supervisión de las compañías aseguradoras y su estructura de tres pilares va a ser acogida por Solvencia II, pero de eso se hablará más adelante.

Con esta información se está listo para preguntar:

## **1.2. ¿Qué es Solvencia II?**

“Solvencia II es el proyecto de revisión del régimen de suficiencia de capital para la industria aseguradora europea. Solvencia II tiene como propósito establecer un conjunto revisado de requerimientos de capital y estándares de administración de riesgos en Europa que reemplazará los requerimientos actuales.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II-México, 2009)

Solvencia II establecerá normas que buscan reducir la probabilidad de insolvencia de las aseguradoras y reaseguradoras, en consecuencia busca reducir las posibilidades de no indemnización para los consumidores<sup>3</sup>.

Solvencia II está siendo desarrollada bajo el llamado enfoque Lamfalussy<sup>4</sup>, el cual es un proceso que tiene como objetivo evitar los defectos que actualmente tiene el sistema europeo. Es importante mencionar que la estructura Lamfalussy está desarrollada en cuatro niveles, los cuales se aplicaran a Solvencia II.

---

<sup>3</sup>La posibilidad de quiebra de una empresa de seguros.

<sup>4</sup>Alexandre Lamfalussy, nació en Hungría en 1929, fue ex presidente del Instituto Monetario Europeo (1994-1997) y director general del Banco Internacional de Pagos de Basilea, ayudó a acelerar la integración de los mercados europeos, basándose en una aproximación a cuatro niveles.

### 1.3. Estructura Lamfalussy

- I. **Legislación Marco, votada por el consejo y el parlamento.** En este nivel, la Comisión Europea comienza el proceso de formación de una directiva, esto después de un proceso de consultas con el Parlamento Europeo y el Consejo. En este nivel es donde se acuerdan las normas más generales, a las que se les denomina como “principios” de regulación del trabajo. Estos principios constan de una directiva “marco”, de corte tradicional, cuya elaboración y aprobación fue realizada por el procedimiento habitual (Consejo y Parlamento). (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II-México, 2009)
- II. **Implementación de medidas legislativas, por el Consejo.** La Comisión Europea le solicita al CEIOPS, Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (Comité Europeo Supervisor de la Industria de Seguros y Pensiones) hoy llamado EIOPA (Autoridad Europea en Seguros y Pensiones de Jubilación, por sus siglas en inglés), una guía técnica para la elaboración de Solvencia II. Esta institución hace un conjunto de pruebas con los participantes de mercado, usuarios y consumidores, y prepara un conjunto de medidas que las comunica a la Comisión Europea. La Comisión Europea las analiza y asciende una propuesta al EIOPC, European Insurance Occupational and Pensions (Comité Europeo de Pensiones y Seguros), el cual las vota y si son aceptadas la Comisión Europea adopta la medida.
- III. **Comités de reguladores, para facilitar la convergencia.** Existirá una serie de normas que contendrán las directivas y que los supervisores deberán poner en marcha en cada caso respecto de cada principio, normas de implementación. Aquí el EIOPA se concentrará en trabajar en recomendaciones, líneas maestras, procesos comunes, grupos de consulta y en la comparación de los métodos con los que supervisan, para lograr una mejor convergencia hacia el objetivo.
- IV. **Obligatoriedad de las medidas, puesta en práctica.** Este nivel está compuesto de normas que autorizan a la Comisión Europea las funciones de vigilancia para que toda la normativa se aplique de manera equitativa a todos los estados miembros.

## 1.4. Objetivos de Solvencia II

“En el nuevo régimen de solvencia, las compañías aseguradoras deberán disponer de sistemas de evaluación de los riesgos que estén gestionando y de sistemas de evaluación del nivel de fondos propios en función de su perfil de riesgo. Los supervisores estarán a cargo del análisis y control de los procedimientos internos aplicados en la gestión de riesgos y cuantificación de los requerimientos de capital, y en caso de insuficiencia podrán exigir un nivel de capital superior. Al vincular la implantación de Solvencia II se tendrá una incidencia directa sobre la rentabilidad de las entidades, se incrementará la transparencia del sector, se aumentará la eficiencia en el uso del capital y se conseguirá una mejora en gestión empresarial.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II-México, 2009)

El proyecto de Solvencia II tiene como objetivos:

Desarrollar un nuevo mecanismo que pretenda determinar los recursos propios mínimos necesarios en cada aseguradora en función de los riesgos asumidos y la administración que se realice con cada uno de estos<sup>5</sup>.

Los supervisores deben tener el control y tomar la iniciativa de manera que sean capaces de anticiparse y eviten situaciones de incremento de riesgo de las compañías sin que esto traiga consigo una solvencia demasiado compleja.

Disciplina del mercado. Las entidades deberán proporcionar la información que se establezca en relación a su política de riesgo. De esta manera todos los participantes del mercado dispondrán de información suficiente que les haga saber la existencia y el mantenimiento del nivel de solvencia de las instituciones.

Introducir una legislación reguladora que sea coherente, garantizando que los asegurados estén protegidos y reciban los beneficios por los que han pagado. Las empresas aseguradoras estarán obligadas a auditar y medir sus riesgos, es decir, se analizará toda amenaza potencial incluyendo riesgos de inversión y riesgos operacionales.

---

<sup>5</sup>Establecer los procedimientos para el cálculo de los recursos propios de las compañías y su exposición al riesgo.

## 1.5. Esquema General de Solvencia II

Como se mencionó anteriormente. De parte de las instituciones bancarias se publicó Basilea II como un nuevo estándar para la medición de riesgos y para mejorar la asignación de capital para cubrir dichos riesgos.

También se observó que Basilea II está conformado por tres pilares, los cuales son:

**Pilar I: Requerimientos Mínimos de Capital.**

**Pilar II: Supervisión.**

**Pilar III: Disciplina de Mercado.**

Estos tres pilares van a ser adoptados para el esquema de Solvencia II, de manera que los objetivos anteriormente descritos queden cubiertos. Claro, tomando muy en cuenta que Solvencia II está enfocada hacia la industria aseguradora y Basilea II hacia la industria bancaria.

Los pilares de Solvencia II quedan perfectamente descritos con la figura 1.1.

### Pilar I

En este pilar se encuentran todos los principios que deben de seguir las compañías aseguradoras para la determinación del capital que haga frente a sus riesgos.

“A la hora de determinar los requerimientos de capital se definen dos cantidades: el capital exigido o Solvency Capital Requirement (SCR) y el Capital mínimo o Minimum Capital Requirement (MCR)”. (Camacho Álvaro, Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea, 2009)

De ahora en adelante al Solvency Capital Requirement (SCR) y al Minimum Capital Requirement (MCR), se les denominará como: **Requerimiento de Capital de Solvencia (RCS)** y **Capital Mínimo Requerido (CMR)**, respectivamente.

El RCS (Requerimiento de Capital de Solvencia), es una cantidad que se calcula tomando en cuenta los riesgos que pudieran llegar a impactar en una aseguradora de manera que esta cantidad garantice el cumplimiento con los



Figura 1.1: Estructura de los Tres Pilares de Solvencia II. Fuente: González Alonso, Irene Albarrán, “Análisis del riesgo en seguros en el marco de Solvencia II”. Camacho Álvaro, “Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea”

asegurados y permita una estabilidad en el mercado. “Si la aseguradora no cumple con el nivel exigido de estabilidad del RCS se le exigirá restablecer su capital hasta el nivel de RCS de acuerdo a un plan que necesita ser aprobado por los supervisores. Como establece el EIOPA, el RCS debe recoger la cantidad de capital necesaria para cumplir con todas las obligaciones durante un horizonte de tiempo especificado a un nivel de confianza definido. Por ello, se deben establecer todos los riesgos y no sólo los técnicos”.(Gonzales Pablo, Albarrán Irene, Análisis del riesgo en seguros en el mercado de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping, 2008)

Para determinar el RCS se pueden utilizar modelos estándar, o modelos pro-

pios. Los modelos estándar consistirán en el uso de fórmulas que pongan en relación los requisitos de capital con los principales factores de riesgo. Los modelos propios, son modelos que pueden ser realizados por las compañías y que sustituirán a los modelos estándar, estos modelos deben ser aprobados previamente por las autoridades reguladoras. El objetivo de proponer modelos internos es que las empresas que tengan la capacidad de hacer esto podrán modelar sus necesidades de capital según sus categorías de riesgo y sus líneas de negocio. El uso de modelos parciales permitirá ir dando pasos para completar un modelo interno global.

Para evaluar el RCS los elementos que serán tomados en cuenta son los siguientes:

- Una medida del riesgo.
- Una cierta probabilidad o nivel de confianza.
- Un horizonte temporal (en general un año).

Las medidas que serán manejadas, para algunos riesgos, son las siguientes:

- VAR al 99.5 %: la pérdida esperada más probable.
- TVAR al 99 %: pérdida adicional esperada, si se supera el umbral especificado.<sup>6</sup>

Más adelante se hará hincapié en la definición formal de VAR y el TVAR. “El Capital Mínimo Requerido (CMR) será un mínimo del RCS y servirá en situaciones difíciles que asegure la fortaleza financiera de la compañía, a medida que no se deteriore mientras se hacen los pagos de los siniestros. Para evaluar el CMR se han sugerido las siguientes posibilidades:

- Un porcentaje del RCS.
- Una versión simplificada del RCS.
- Un porcentaje de las provisiones técnicas.” (Gonzales Pablo, Albarrán Irene, Análisis del riesgo en seguros en el mercado de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping, 2008)

En caso de que haya incumplimiento, la aseguradora sería sancionada con la prohibición de operar.

---

<sup>6</sup>Los riesgos que tomarán como medida de riesgo al VAR y al TVAR serán los riesgos de mercado.

## **Pilar II**

En este pilar se considera la actuación y los requerimientos de los supervisores a la hora de regular el mercado. En el Pilar II se espera que los reguladores garanticen que la compañía esté bien dirigida y cumple con los niveles de gestión de riesgo. La supervisión deberá estar basada en un enfoque prospectivo y que sea orientado al riesgo. Será enfocado en el cumplimiento de las disposiciones del supervisor y en el funcionamiento de la entidad aseguradora.

“A la autoridad supervisora le compete la revisión y evaluación de las estrategias, de los procesos y los procedimientos de reportes establecidos por las aseguradoras para cumplir con los requerimientos normativos, así como el análisis de los riesgos a los que están expuestas las entidades y su capacidad para valorar los riesgos. La revisión y evaluación comprende la valoración de los requerimientos cualitativos relacionados con el sistema de gobierno corporativo, al análisis de los riesgos a los que las entidades están expuestas, y la evaluación de la capacidad de las entidades para afrontar dichos riesgos teniendo en cuenta el entorno en que éstas se operan.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II- México, 2009)

El trabajo por parte de las autoridades reguladoras comprenderá:

- El Sistema de Gobierno Corporativo.
- La Reglamentación de Inversiones.
- La Calidad y Cantidad de los Recursos Propios.
- El Cumplimiento de los Requerimientos Derivados de los Modelos Internos.

El gobierno corporativo es un conjunto de principios y normas que regulan el diseño, integración y funcionamiento de los órganos de gobierno de una empresa. Bajo solvencia II las aseguradoras deberán tener un sistema de gobierno corporativo sólido que garantice la gestión adecuada de la compañía. Al sistema de gobierno le corresponde el cumplimiento de forma adecuada de requerimientos sobre la gestión de riesgos, la solvencia de la compañía, la evaluación de los riesgos, el control interno, la auditoría interna, la externalización (outsourcing) y la función actuarial. El gobierno corporativo deberá ser proporcional (es decir, el número de integrantes) a las operaciones de la aseguradora (en términos de complejidad), su naturaleza y su magnitud.

Las autoridades reguladoras deben revisar que las compañías estén bien capitalizadas y que los riesgos estén siendo capturados de forma adecuada. En caso de que haya una deficiencia en el capital o en la gestión de los riesgos, el supervisor podrá exigir requerimientos de capital adicional, al igual en caso de que exista un gobierno corporativo deficiente.

Para tener un adecuado control interno, las aseguradoras deberán implantar un sistema que incluya mecanismos de información adecuados, procedimientos contables y administrativos claros y concisos.

Las compañías aseguradoras, deberán tener un sistema de gobierno corporativo sólido que asegure una adecuada administración de la compañía. A este le corresponde el cumplimiento de forma correcta de la administración de riesgos, la evaluación de los mismos, la solvencia de la compañía, el control interno, la auditoría interna, la función actuarial y el outsourcing.

En cuanto a la administración de riesgos, las compañías aseguradoras deberán tener métodos o sistemas necesarios para controlar, gestionar e informar de los riesgos a los que se está expuesto. Algunas de las áreas en las que debería de haber una adecuada administración de riesgos es en la de reservas, gestión de activos y pasivos, inversión, productos derivados, liquidez, reaseguro etc.

### **Pilar III**

El objetivo primordial del tercer pilar es el de fomentar la disciplina de mercado suministrando información relevante referida a la colocación de capital de las aseguradoras. Esto se busca con el objetivo de hacer el mercado más transparente. La revelación de información no solamente es para saber cómo está siendo manejada la compañía, también motiva a las demás compañías a tomar medidas que lleven al seguimiento de las regulaciones y a su correcta administración de riesgos.

La información que debe ser publicada es la siguiente:

- La información contable tradicional, que incluirá el balance, la cuenta de resultados y el cuadro de flujos de caja. Es decir, la información relativa a las actuaciones financieras y a los rendimientos.
- La información relativa a las medidas de riesgo. Esta información debe contener los niveles de riesgo asumidos por la compañía, la cartera de inversión y su diversificación, el VAR y las pruebas de stress realizadas

a los riesgos que asuma la compañía.<sup>7</sup>

- Revelación de los requerimientos de capital y su metodología de cálculo.
- Información de incumplimiento del RCS o del CMR (Capital Mínimo Requerido).
- “Medidas de incertidumbre de la información en las anteriores agrupaciones: este tipo de información puede incluir análisis de sensibilidad ante cambios en el valor de determinados parámetros y la comparación de resultados con anteriores estimaciones.” (Gonzales Pablo, Albarrán Irene, Análisis del riesgo en seguros en el mercado de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping, 2008)

Para llevar este proyecto, la EIOPA ha solicitado la cooperación de las entidades aseguradoras, para lo cual se han realizado varios trabajos de campo conocidos como QIS, Quantitative Impact Study (Estudios de Impacto Cuantitativo). “Los principales objetivos de los QIS son:

- Evaluar la solvencia de las instituciones de seguros, calculando los requerimientos de capital mediante el empleo de una fórmula estándar.
- Valorar el impacto cuantitativo que tendrá la implementación de Solvencia II en términos de balance general y de solvencia.
- Evaluar la factibilidad de los cálculos.” (MAZARS, Solvencia II- Notas sobre QIS5, 2011)

Los Estudios de Impacto Cuantitativo han servido como pruebas para implementar el proyecto de Solvencia II. Actualmente existen cinco QIS, de los cuales cada uno de estos ha servido para poder “perfeccionar” el proyecto de Solvencia II. En pocas palabras los Estudios de Impacto Cuantitativo trajeron los siguientes resultados:

- QIS 1: Enfocado a Reservas Técnicas.
- QIS 2: Primera calibración de fórmulas y elección de enfoque apropiado, fórmula estándar de RCS y CMR (Capital Mínimo Requerido).

---

<sup>7</sup>Dependiendo de los diferentes riesgos a los que esté suscrito la compañía aseguradora, se realizan pruebas de stress para garantizar que el capital del que dispone la cía. es el suficiente para cumplir con su obligación en caso de que llegara a suceder. En las pruebas de stress se hacen los supuestos de que la compañía está en riesgo de quiebra.

- QIS 3: Segunda calibración de fórmulas, incluyo activos computables y aspectos relacionados con grupos, valoración de los elementos del balance, requisitos de capital (RCS) por fórmula estándar.
- QIS 4: Simplificación de enfoques, criterios de valoración de activos y pasivos, fondos propios, RCS: modelos internos, especificaciones para grupos.
- QIS 5: Impacto de la crisis financiera, adecuación de las especificaciones técnicas, grado de preparación de entidades y supervisores, participación de entidades pequeñas.

El QIS 5 posiblemente será el último estudio de impacto. En este, la participación de las compañías aseguradoras europeas fue el más numeroso contando con 2,520 empresas de los 30 países miembros de la Unión Europea. Los principales resultados que se esperan que difieran del QIS 4, son los efectos de la crisis, los cambios en el valor de mercado, la valoración de activos y pasivos, entre otros.

## 1.6. Balance Económico de Solvencia II

Como se ha visto, los ejes centrales del proyecto Solvencia II son la correspondencia entre capital y riesgos asumidos, por lo que es necesario una correcta evaluación de los mismos con el objetivo central de la defensa de los usuarios. Teniendo esto en cuenta, el balance de una compañía es un informe financiero que refleja la situación contable de una empresa en un momento determinado. Bajo solvencia II, la estructura del balance incorpora una evaluación económica de los riesgos, esto es, una valoración a precios de mercado, no sólo de los activos, sino también de los pasivos. “Estas exigencias no siempre son de fácil cumplimiento pues, salvo en los casos en los que existan mercados líquidos y profundos, con activos financieros, se debe recurrir a ciertas hipótesis de trabajo.” (Gonzales Pablo, Solvencia II: ejes del proyecto y diferencias con Basilea II, 2007)

Si se puede obtener el precio de mercado, pero este es poco creíble, debido a razones de escasa liquidez, entonces se deberían usar aproximaciones a la valoración; si no se puede obtener el precio entonces debería de haber algún método de valoración que sea coherente con alguna información de mercado. Para solucionar este problema, al momento de valorar los activos o los pasivos,

Solvencia II propone seguir una jerarquía. Esta jerarquía se propone como la siguiente:

1. “Mark to Market. Los activos y pasivos se valoran a valor de mercado.”<sup>8</sup>
2. Mark to Model. Los activos y pasivos deberán valorarse de acuerdo a un modelo en caso de que no sea posible la valoración a mercado.
3. International Financial Reporting Standards (IFRS). Cuando los activos o pasivos no puedan valorarse a valor de mercado y no se puedan valorar conforme a un modelo, se valuarán de acuerdo a los Estándares Financieros Internacionales.
4. Contabilidad de cada país. Los activos y pasivos se podrán valorar teniendo en cuenta las normas contables nacionales, siempre y cuando la compañía pueda demostrar que los pasivos y activos valuados no son significativos y no se puedan valorar por los métodos anteriores por relación costo-beneficio.”<sup>9</sup> (Camacho Álvaro, Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea, 2009)

A manera de ilustración y como un primer acercamiento al balance económico propuesto por Solvencia II, se muestra la figura 1.2.

Como en cualquier otro balance económico, es del conocimiento general que los activos menos los pasivos es igual al capital. La diferencia fundamental es que este balance no es para cualquier compañía, es para una compañía de seguros. Bajo Solvencia II lo más que se espera es valorar los activos y pasivos a valor de mercado. Debido a las complicaciones que hay con los pasivos es muy difícil valuarlos a valor de mercado. Para esto se define un mejor estimador y un margen de riesgo, éstos hacen la reserva técnica y junto con el RCS (el nivel de fondos que permite absorber pérdidas imprevistas) se valúan los pasivos. Más adelante se explicarán con más detalle estos términos.

---

<sup>8</sup>Valor de mercado: Precio más adecuado para intercambiar bienes o servicios en la fecha de valoración. En este caso es el precio más adecuado con el que una empresa pudiera intercambiar sus activos o sus pasivos.

<sup>9</sup>Es importante mencionar que estas jerarquías serán aplicadas solamente para la Unión Europea.

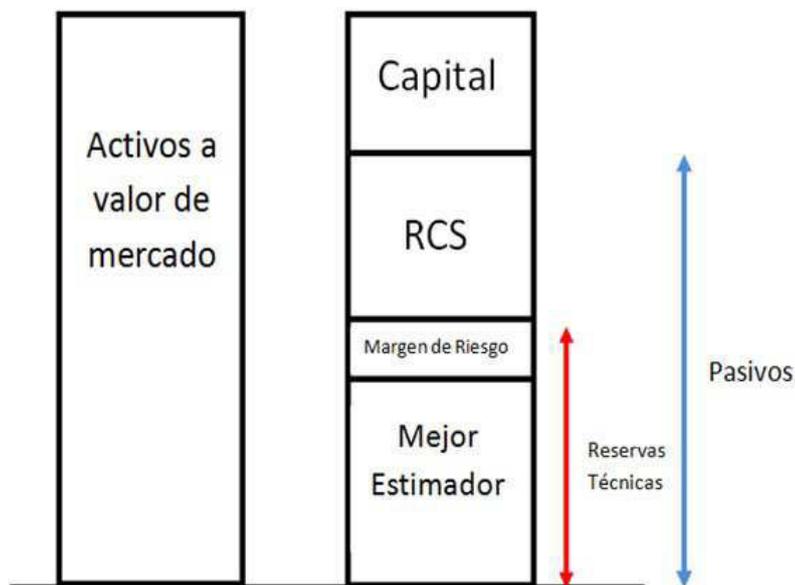


Figura 1.2: Balance financiero de Solvencia II. Fuente: Aguilera Verduzco Manuel, “Proyecto Solvencia II-México”.

## Activos

Como se vio en el esquema anterior, se propone que los activos se valoren a valor de mercado, siempre que el precio disponible provenga de un mercado profundo y líquido, es decir que los activos se valoren con constante periodicidad. El valor de mercado habrá de estimarse conforme a la información disponible de los activos y con hipótesis consistentes con el mercado.

“Para el caso de activos ilíquidos o no negociables se deberá valorar con prudencia teniendo en cuenta la reducción de valor. El valor de estos activos no debería ser superior al de su adquisición aminorado por el margen de beneficios cargado por el vendedor y por la depreciación debido a su uso u obsolescencia.” (González Pablo, Solvencia II: ejes del proyecto y diferencias con Basilea II, 2007)

Los activos intangibles, como mobiliario, equipo electrónico o informático, deberán de valorarse a cero.

## Pasivos

Ahora, el problema con los pasivos de una aseguradora es mucho mayor que en el caso de los activos, esto ya que por un lado, no se tiene certeza de cuál va a ser el importe a pagar en el futuro, de hecho no se sabe si en realidad se tiene que pagar. También se desconoce el instante de tiempo en el cual sucederá el pago, además no existen mercados de compraventa. Sin embargo uno de los pilares con los que se sostiene Solvencia II, es la valoración a precios de mercado de toda la compañía, por lo que, ésta debería de ser capaz de replicar la estructura previsible de estos flujos.

De forma general; los pasivos (provisiones técnicas para una aseguradora) pueden ser clasificados de dos formas: los que tiene cobertura y los que no tienen cobertura.

Por una parte, para los que tienen cobertura, es decir, los compromisos asociados a riesgos susceptibles de ser cubiertos mediante el uso de instrumentos financieros. Se considerará el valor de las reservas técnicas en función de esta cobertura, de la compra o venta de un instrumento financiero, por ejemplo los riesgos de mercado o riesgos de crédito. Es necesario aclarar que para el caso mexicano prácticamente no existen este tipo de pasivos.

Por otra parte, si no se pudiera cubrir mediante algún instrumento, entonces se haría necesario proceder a estimar su valor mediante algún mecanismo coherente con los datos del mercado. Esto exige tener el conocimiento lo más exacto posible en cuanto a las secuencias previsible de flujos de pago y un tipo de descuento para los mismos. Para poder estimar las reservas técnicas mediante algún mecanismo coherente con los datos del mercado, se ha propuesto una valoración que tiene un doble componente, un “Best Estimate” o Mejor Estimador y un “Market Value Margin” o Margen de Riesgo.

El Mejor Estimador o BEL (Best Estimate Liabilities) se define como: “La media de la distribución de probabilidad de los valores actuales esperados de los flujos de caja originados por los pasivos considerados” (CEIOPS, CEIOPS Advice for Level 2 Implementing Measure on Solvency II: Technical provisions- Elements of actuarial and statistical methodologies for the calculation of the best estimate, 2009).

Es decir, el BEL es el mejor estimador de los flujos futuros de los pasivos. La media de las obligaciones llevadas a valor presente con una tasa de interés libre de riesgo. Se considera que: si la tasa de interés libre de riesgo para valuar los pasivos es la misma tasa estocástica que se utiliza para valuar los activos, entonces la valuación de pasivos se podría considerar a valor de

mercado.

“El margen de riesgo (MR) es igual al valor descontado del costo de capital, CoC (Cost of Capital), que soporte las obligaciones de la aseguradora.” (Walpole Simon, Solvency II, 2009)

Los métodos de cálculo del valor de las provisiones técnicas se pueden ver en la tabla 1.3.

<b>Pasivos asociados a</b>	<b>Valor de las provisiones técnicas</b>
Riesgos susceptibles de cobertura	Valor de mercado de las coberturas
Riesgos no susceptibles de cobertura	Mejor estimados + Margen de riesgo

Figura 1.3: Tabla de cálculo de las provisiones técnicas. Fuente: González Pablo Alonso, “Solvencia II: Ejes del Proyecto y diferencias con Basilea II”

Recapitulando. En caso de pasivos con cobertura, el valor de mercado de los pasivos cubiertos será igual al valor de mercado de la cartera de activos asociados al pasivo. La valoración de los pasivos sin cobertura, se debe de hacer mediante un mejor estimador (BEL) y a este sumarle un margen de riesgo (MR). La valoración realista de estos pasivos hace suponer que todos los flujos potenciales que podrían surgir para hacerle frente a los compromisos tienen que ser identificados y valorados, y en ausencia de información estadística relevante, se tendrían que aplicar métodos actuariales para cada uno de los casos.

La figura 1.4 ilustra los conceptos asociados a las reservas técnicas y al requerimiento de capital de solvencia. Como se mencionó anteriormente, la reserva técnica sería el BEL+MR, este por lo general estaría cerca de la media ya que el BEL es la media de la distribución de probabilidad y el MR cubre los riesgos relativos a la liquidación de los pasivos sobre la totalidad de su duración. El RCS corresponde a un nivel de fondos propios que con un alto grado de certidumbre permite absorber a la empresa pérdidas imprevistas importantes (riesgos y responsabilidades asumidos) y que ofrecen una seguridad a los asegurados. El RCS sería las pérdidas imprevistas, VAR al 99.5% de confianza, menos la reserva técnica.

Como nota aclaratoria; el proyecto de Solvencia II establece conceptos como el Mejor Estimador (BEL) o el Margen de Riesgo (MR), sin embargo, la manera de medir estos conceptos todavía no se establecen de manera concreta; esto sería tema para otra tesis.

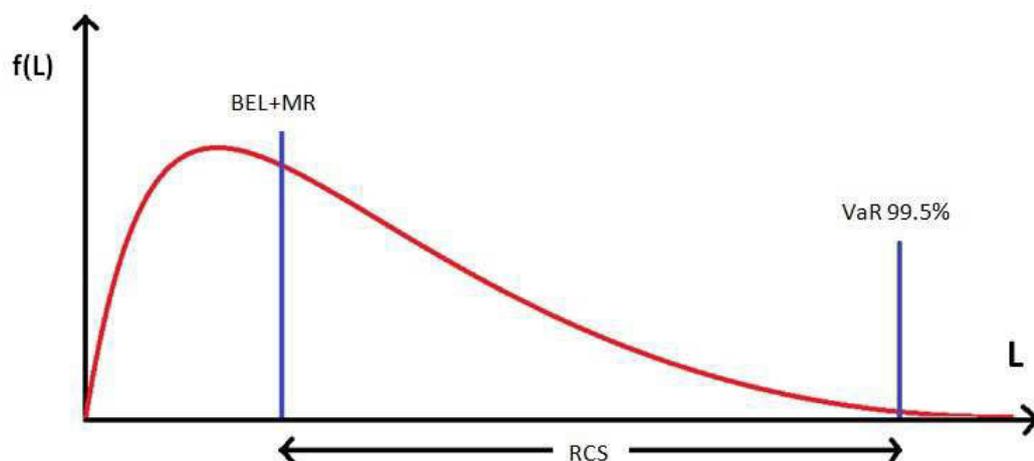


Figura 1.4: Esquema de solvencia (reservas y capital). Fuente: Aguilera, Verdusco, Manuel, “Proyecto Solvencia II - México”

## 1.7. Esquema Modular de Solvencia II

El EIOPA ha elaborado un modelo de RCS. Un esquema de identificación de los distintos tipos de riesgo a los que se enfrenta una aseguradora.

“La determinación del Requerimiento de Capital de Solvencia se debe realizar teniendo en cuenta los principales riesgos de la actividad aseguradora y la aproximación de la pérdida máxima posible que en su conjunto podría manifestarse en un horizonte temporal de un año con una probabilidad del 99.5 %. Con la estimación del RCS se pretende cubrir las pérdidas inesperadas. De no cumplirse con el nivel exigido de RCS, se exigirá a la compañía restablecer su capital hasta el nivel de RCS de acuerdo a un plan de adecuación que sea aprobado por los supervisores.” (Camacho Alvaro, Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea, 2009)

“El cálculo del RCS considerará:

- La continuidad de la actividad de suscripción.
- Todos los riesgos y responsabilidades asumidas, analizados en un horizonte de tiempo que corresponda a su naturaleza.
- Se considerarán modelos con escenarios estresados, esto mostrará las

pérdidas imprevistas en función de los riesgos y responsabilidades a los que se encuentren expuestas las instituciones.

- Se basará en medidas de riesgo (VAR, TVAR)<sup>10</sup> a un nivel de confianza del 99.5 %.
- El horizonte de tiempo será de un año, salvo en el caso de los riesgos de naturaleza catastrófica.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II - México, 2009)

La determinación de esta cantidad se puede hacer usando un modelo estándar o mediante el uso de modelos internos desarrollados por las propias compañías. Estos modelos propios deben ser previamente aprobados por las autoridades reguladoras.

En el mapa de riesgos de la figura 1.5 se muestran los diversos módulos y sub-módulos a los que una compañía de seguros está expuesta, este muestra como debería de calcularse el RCS por la fórmula estándar.

---

<sup>10</sup>Nota: más adelante se explicará de manera formal la definición de VAR y el TVAR.

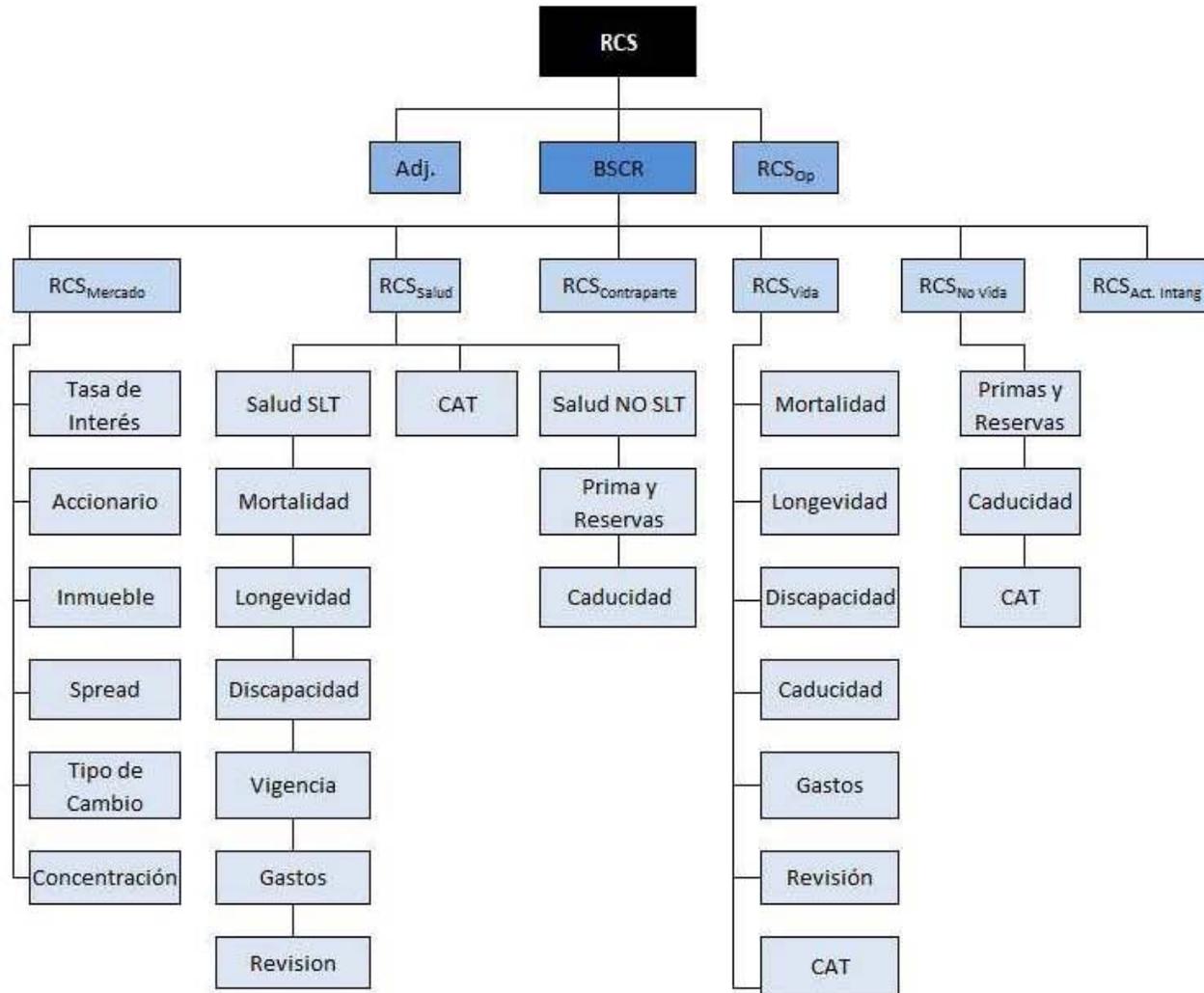


Figura 1.5: Esquema modular de Solvencia II. Fuente: CEIOPS, “QIS 5 Technical Specifications”

Los riesgos y sub-riesgos para los que se pretende valorar el requerimiento de capital de solvencia son:

- Riesgo operacional ( $RCS_{op}$ ).
- Activos intangibles ( $RCS_{Act.Intang}$ ).
- Riesgo de mercado ( $RCS_{Mercado}$ ). De aquí se desprenden varios sub-riesgos los cuales son:
  - Riesgo de tasa de interés, riesgo accionario<sup>11</sup>, riesgo inmobiliario o propiedad, riesgo de spread o riesgo de propagación, riesgo de tipo de cambio y riesgo de concentración.
- No vida ( $RCS_{No Vida}$ ). Los sub-riesgos derivados de este son:
  - Riesgo catastrófico, riesgo de primas y reservas y riesgo de caducidad.
- Vida ( $RCS_{Vida}$ ). De este módulo se desprenden los siguientes sub-módulos:
  - Riesgo de mortalidad, riesgo de longevidad, riesgo invalidez/morbilidad, riesgo de caducidad o cancelación o rescate, riesgo de gastos, riesgo de revisión, revisión del importe de la renta y riesgo de catástrofe.
- Riesgo de contraparte ( $RCS_{Contraparte}$ ).
- Riesgo de suscripciones en salud ( $RCS_{Salud}$ ). De aquí se desprenden tres sub-riesgos:
  - Obligaciones de la aseguradora en seguros de salud con base técnica similar a la de seguros de vida (Salud SLT).
    - Riesgo de mortalidad, riesgo de longevidad, riesgo de invalidez/morbilidad, riesgo de caducidad, riesgo de gastos y riesgo de revisión.
  - Obligaciones de la aseguradora en seguros de salud con base técnica que no es similar a la de seguros de vida (Salud NO SLT).
    - Riesgo de primas y reservas, riesgo de caducidad.
  - Riesgo catastrófico en salud (CAT).

---

<sup>11</sup>Del riesgo accionario, es del que se estará más pendiente ya que este trabajo trata acerca de este riesgo.

En este modelo, el modelo estándar, no hay supuestos de independencia de los riesgos, es decir, hay una correlación entre estos. Debido a esto, la forma de calcular el RCS general, es a través una fórmula que tiene de manera explícita una suma ponderada de los distintos módulos de riesgo.

Como lo muestra la figura 1.5, el objetivo principal es el RCS<sup>12</sup>. Para obtenerlo es necesario:

- $BSCR$  = Requerimiento de Capital de Solvencia “Básico” o Requerimiento de Capital de Solvencia Bruto.
- $RCS_{op}$  = Requerimiento de Capital de Solvencia suscrito a riesgo de operación.
- $Adj$  = Ajuste para absorber el efecto de futuras ganancias e impuestos diferidos.

El RCS se determina como:  $RCS = BSCR - Adj + RCS_{op}$ .

El  $BSCR$  es el requerimiento de capital de solvencia antes de cualquier ajuste. Es la combinación de los cargos de capital para todos los riesgos. Este se determina de la siguiente manera:

$$BSCR = \sqrt{\sum_i \sum_j Corr_{ij} * RCS_i * RCS_j} + RCS_{Intangibles}$$

Donde:

$Corr_{ij}$  = La correlación entre cada RCS.

$RCS_i$  ,  $RCS_j$  = Los cargos de capital para los RCS individuales, por renglón y por columna de la matriz de correlación.

$RCS_{Intangibles}$  = El capital requerido para los riesgos de activos intangibles.

La correlación entre cada riesgo o la matriz de correlación del RCS se determina como lo muestra la figura 1.6.

Ya que algunos módulos de riesgos tienen varios sub-riesgos que puede haber dentro este, es decir, cada riesgo se sub divide en varios sub-riesgos. Para cada uno de estos elementos, se calcula la cantidad de capital correspondiente y teniendo en cuenta la interrelación que hay dentro de cada elemento de riesgo, se procede a calcular el RCS para ese módulo.

<sup>12</sup>De la fórmula se obtendrá un RCS general. Este contendrá todos los RCS para cada riesgo.

i \ j	Mercado (Market)	Contraparte (Default)	Vida (Life)	Salud (Health)	No-vida (Non-Life)
Mercado (Market)	1				
Contraparte (Default)	0.25	1			
Vida (Life)	0.25	0.25	1		
Salud (Health)	0.25	0.25	0.25	1	
No-vida (Non-Life)	0.25	0.25	0	0	1

Figura 1.6: Matriz de correlación de los diferentes tipos de riesgo. Fuente: CEIOPS, “QIS 5 Technical Specifications”

Debido a que no es tema de esta tesis el explicar detalladamente cada uno de los riesgos anteriormente mencionados (a excepción del de mercado) y para no perder el hilo de la explicación de lo que es Solvencia II, se explicarán de manera general algunos de los riesgos anteriormente mencionados.

### Riesgo Operativo

“El riesgo operativo es el riesgo de pérdida que resulta de procesos internos inadecuados o fallidos, en el personal, de procesos defectuosos en el sistema o de cualquier otro evento externo. El riesgo operacional debe incluir los riesgos legales, pero no de decisiones estratégicas, así como también debe excluir los de reputación. El riesgo operacional está diseñado para hacer frente a los riesgos operativos que no se hayan tratado de manera explícita en los demás módulos.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

### Riesgo de Activos Intangibles

“Este es consecuencia de la interpretación de la Comisión Europea: todo activo que pueda contribuir a la solvencia de la entidad aseguradora debe ser tomado en cuenta. Los activos intangibles están sometidos a dos tipos de riesgo: riesgos de mercado y riesgos internos relativos a la naturaleza específica de un activo intangible. Dependiendo de la propuesta que se hizo a la comisión, el tratamiento de activos intangibles puede ser modificado después del QIS5.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

## **Riesgo de Vida**

El módulo de vida se refiere a los riesgos derivados de la suscripción de contratos de seguros de vida. Comprende los “riesgos biométricos” (mortalidad, invalidez, longevidad), y los riesgos de rescate, riesgo de gastos, riesgo de revisión, riesgo catastrófico. Estos están asociados tanto a los riesgos cubiertos como a los no considerados.

## **Riesgo de Suscripción en Salud**

“Las obligaciones para los seguros de salud son todas del tipo de seguros de compensación o reembolso, de pérdidas causadas por enfermedad, accidentes o invalidez, gastos médicos por enfermedad, accidente o discapacidad. Estas pueden ser ya sea del tipo preventivo o curativo (seguro médico). Las obligaciones de los seguros de salud son consideradas semejantes a la base técnica de los seguros de vida (Salud SLT, Similar to Life insurance Technics por sus siglas en inglés), las obligaciones de los seguros de salud con técnicas de vida son usadas para valorar su mejor estimador.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

Los riesgos de suscripción en salud se dividen en tres categorías:

- Obligaciones de seguros de salud con base técnica semejante a los seguros de vida (Salud SLT).
- Obligaciones de seguros de salud con base técnica no semejante a los seguros de vida (Salud NO SLT).
- Obligaciones de seguros de salud con riesgos catastróficos (Salud CAT).

## **Riesgo de Contraparte**

“El riesgo de pérdida por contraparte deberá de reflejar las posibles pérdidas por fallas inesperadas en el incumplimiento de contratos o en el deterioro de la situación crediticia de las contrapartes y de los deudores tanto de seguro como de reaseguro, tomando como lapso de tiempo los siguientes doce meses. El riesgo de incumplimiento por contraparte debe cubrir los contratos de mitigación de riesgos tales como los contratos de reaseguro, títulos de activos y derivados y cuentas por cobrar de los intermediarios, así como

cualquier otra exposición de crédito que no esté contemplada en el sub-riesgo de spread.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

Este riesgo contempla la probabilidad de incumplimiento para cada contraparte. Para cada contraparte es necesario calcular su probabilidad de incumplimiento y de pérdida asociada a este incumplimiento. El cálculo depende del tipo de concentración, cuando mayor concentración haya mayor requerimiento de capital.

## **Riesgo No Vida**

El riesgo de suscripción para los productos de no vida es el riesgo de las variaciones que podrían llegar a registrarse en las reservas técnicas constituidas y en las expectativas de que nuevos negocios impacten negativamente en el patrimonio de la compañía.

“Se refiere a la incertidumbre sobre los resultados que hay en los contratos de seguros. Esto incluye la incertidumbre acerca de:

- La cantidad y el momento de la liquidación de los posibles siniestros que existan en relación con los pasivos existentes.
- El volumen del negocio en el cual se está suscrito y la tasa de la prima a la que fue pactada.
- Los tipos de primas que serían necesarias para cubrir las obligaciones a las cuales está suscrita la empresa.
- El tipo de riesgo que resulte de las decisiones tomadas por el asegurado de si decide renovar o no.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

Con este tipo de suscripción al riesgo de no vida, se pretende cubrir las pérdidas adicionales que podrían registrarse teniendo en cuenta las primas, las reservas y las posibles catástrofes que puedan afectar el patrimonio de la aseguradora.

Es importante destacar que para cada uno de estos riesgos y sub-riesgos se obtendrá un requerimiento de capital de solvencia (RCS).



## Capítulo 2

# Solvencia II Caso Mexicano, VAR, Riesgo de Mercado

### 2.1. Caso Mexicano

Solvencia II es un nuevo marco regulatorio que va a ser aplicado en la Unión Europea. Con la globalización, el desarrollo de los mercados financieros y los nuevos productos de seguros con componentes financieros, las instituciones de seguros requieren de una homogeneización de criterios establecidos, es por eso que este marco regulatorio también será aplicado en México.

Es importante destacar que a pesar de que la globalización “globaliza” los países, ningún país es igual a otro y cada uno tiene sus diferencias. Es por esto que Solvencia II llegará a México, pero será moldeado y modificado de acuerdo a las condiciones que nuestro país lo requiera.

En México el Sistema Financiero está representado por la figura: 2.1

Donde las operaciones de seguros están reguladas principalmente por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) a través de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF), la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) que en parte; es la que vigila las inversiones de las aseguradoras y la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (CONDUSEF) encargada de orientar, atender y resolver quejas de los usuarios de los servicios financieros.

Actualmente las operaciones de seguros en México se rigen bajo la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros. Esta tiene como



Figura 2.1: Diagrama del Sistema Financiero Mexicano. Fuente: [www.hacienda.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/.../organigrama.pdf](http://www.hacienda.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/.../organigrama.pdf)

principal objetivo el salvaguardar los intereses de los asegurados a través de lineamientos que determinan la adecuada estructura de las instituciones de seguros.

El modelo de Solvencia II en México apenas está en desarrollo, este modelo está siendo desarrollado por la CNSF, el cual espera tener los principios básicos de Solvencia II, como los tres pilares con su respectiva estructuración interna. Para esto la CNSF ha implementado una iniciativa de ley que tiene como objetivo una nueva Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas (LISF) y un proyecto de nueva regulación secundaria (Circular Única) que contendrá los principios de Solvencia II.

Los principales puntos que se modificarán para implementar Solvencia II en México serán los siguientes:

Para el **primer pilar**:

**Reservas Técnicas<sup>1</sup>**: Valuación más precisa. Esta será la suma del mejor estimador más el margen de riesgo. “Las reservas técnicas se constituirán y valuarán de forma prudente, confiable y objetiva, para grupos de riesgos homogéneos. Considerando todas las obligaciones de seguros asumidas, así como los gastos que se asuma con relación a los contratos de seguros. Con base en métodos actuariales basados en la aplicación de estándares de práctica actuarial y considerando la información disponible sobre riesgos técnicos de seguros y reaseguros. Debe mantener coherencia con el importe por el cual éstas podrían transferirse o liquidarse.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solven-

<sup>1</sup>Las reservas técnicas tienen como finalidad salvaguardar la estabilidad y solvencia de las compañías de seguros. Entre algunas de estas están las reservas de riesgos en curso, reservas de obligaciones pendientes de cumplir, reserva matemática especial, etc.

cia II- México, 2009)

Además de la suficiencia de las reservas técnicas y la aplicación de los métodos actuariales, también se deberá de estar seguro de los datos empleados para los procesos estadísticos, es decir, los datos empleados deberán ser confiables para brindar una buena estimación.

El consejo de administración se encargará de establecer los lineamientos para controlar permanentemente la constitución, valuación, registro y suficiencia de las reservas técnicas. Estos métodos deberán ser elaborados por un actuario certificado.

**Requerimientos de Capital:** Como se vio anteriormente los requerimientos de capital son recursos propios de la empresa, suficientes para respaldar con un alto grado de certidumbre los riesgos y responsabilidades asumidas. Estos requerimientos de capital serán implementados por una fórmula estándar o por un modelo interno propio con previa autorización. “El cálculo del RCS (los requerimientos de capital) considerará la continuidad de la actividad de suscripción. Todos los riesgos y responsabilidades asumidas, analizados en un horizonte de tiempo que corresponda a su naturaleza. Pérdidas imprevistas en función de los riesgos y responsabilidades a los que se encuentren expuestas las instituciones. Se basará en medidas de riesgo al 99.5%.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II- México, 2009)

El RCS se complementará con pruebas de stress o peor escenario posible.

**Inversiones:** El consejo de administración estará a cargo de las inversiones. Estas tendrán límites prudenciales generales. El objetivo de estas especificaciones es el de una mejor medición de los riesgos financieros y una mayor responsabilidad de parte de la administración.

**Reaseguro:** En este concepto se espera una supervisión de la calidad crediticia del reaseguro, ampliación de los mecanismos de transferencia de riesgo y responsabilidad de parte de la administración hacia el mercado reasegurador.

Para el **segundo pilar**, la implementación en México será la siguiente:

**Gobierno Corporativo:** Exigencia de las funciones y responsabilidades en materia de administración de riesgos, control y auditoría interna, función actuarial, contratación de servicios con terceros (outsourcing) y responsabilidad de los funcionarios y del consejo.

**Administración de Riesgos:** “Procedimientos y políticas para vigilar, administrar, medir, controlar y mitigar los riesgos (individuales, agregados, correlacionados). Límites tolerables al riesgo. Necesidades globales e impactos

futuros sobre la solvencia.” (Aguilera Verduzco, Proyecto Solvencia II- México, 2009)

**Control y Auditoría Interna:** Funciones y responsabilidades de parte de los encargados de examinar las operaciones de seguros (contralor interno<sup>2</sup>) y de la auditoría interna. Así como auditores externos y actuarios independientes.

**Revisión del supervisor:** Correcta adecuación y alineación de la autoridad supervisora.

Por último para el **tercer pilar:**

**Transparencia y revelación de la información:** Con el fortalecimiento de la revelación de información aunado a la transparencia de las instituciones (transparencia en la información requerida) y de los intermediarios se espera que exista una mayor disciplina del mercado generando estímulos de competencia y una mayor eficiencia en las operaciones del mercado asegurador.

**Revisión de mercado:** Establecimiento de mecanismos que estimulen la correcta operación de la disciplina de mercado. La información solicitada referida a las adecuaciones de capital de la aseguradora estaría destinada a los participantes del mercado como lo son reaseguradoras, asegurados, tenedores de bonos y accionistas con tal de que incentive a las compañías a tomar medidas que impulsen el cumplimiento de una mejor administración de los riesgos.

Como se pudo observar, los principios con los que se aplicará Solvencia II en México son muy parecidos a los de la Unión Europea. Se pretende que siga una estructura idéntica a la original pero adecuando las exigencias que el mercado mexicano requiera. Para esto habrá que acondicionar la regulación y los términos con el fin de tener un “Solvencia II Mexicano” que cuente con la participación de los reguladores y el mismo mercado asegurador, esto no va a ser un trabajo fácil ya que para esto se requieren conocimientos sobre el tema, lo que significa costos monetarios y de recursos humanos (capacitación) tanto para la industria aseguradora, como para los supervisores. Esto va a ser un costo que vale la pena pagar ya que en el futuro estas medidas se van a ver reflejadas en una mayor protección a los consumidores de seguros.

---

<sup>2</sup>Un contralor interno es un funcionario de gobierno encargado de vigilar que se cumplan los lineamientos y la inspección de la normativa en materia de planeación, programación, presupuesto, registro, control, evaluación y auditoría.

## 2.2. VAR y TVAR

### VAR

A lo largo de este trabajo, se ha mencionado de medidas de riesgo VAR y TVAR con un horizonte de tiempo a un nivel de confianza utilizadas para determinar el requerimiento de capital de solvencia. Pero ¿Qué es el VAR y el TVAR?

“El VAR, Valor en Riesgo, resume la pérdida máxima esperada (o peor pérdida) sobre un horizonte de tiempo objetivo dentro de un intervalo de confianza dado.” (Jorion Philippe, Valor en Riesgo, 2006)

Este instrumento analítico lleva más de 10 años de uso por parte de las instituciones bancarias. Con el nuevo sistema regulatorio, las aseguradoras deben tener requerimientos de capital, restricciones de portafolio e intervenciones regulatorias que hacen que el valor en riesgo sea una buena opción para cubrir estos requerimientos cualitativos. El VAR permite incluir varios activos como divisas extranjeras, productos físicos y acciones, los cuales están expuestos a diversas fuentes de riesgo (como por ejemplo el movimiento de las tasas de interés) y expresar el nivel de riesgo en un número fácil de comprender.

A partir de la información disponible como lo son: datos históricos o hipótesis sobre el comportamiento del valor de los activos, se trata de estimar el peor resultado posible, es decir, se necesita analizar la información disponible y acotar los posibles resultados mediante la fijación, tanto del horizonte como del nivel de confianza.

El valor en riesgo podría considerarse como una estimación adecuada del riesgo a valor de mercado, que es uno de los principios básicos de Solvencia II en los que la revelación de información tanto de pasivos como de activos debe existir.

Se debe recordar que aunque el VAR sea un muy buen indicador de los requerimientos de capital, esto no es suficiente para controlar totalmente el riesgo. Debe ser complementado con el establecimiento de límites y controles y un área especializada en la administración del riesgo. Esto es justamente lo que se espera que Solvencia II haga para las compañías aseguradoras, lo que complementaría para tener un buen control del riesgo.

En primera instancia, para obtener la medición del VAR hay que tener en cuenta dos conceptos fundamentales: el nivel de confianza y el horizonte de tiempo. Elegir un nivel de confianza es de gran importancia para el modelo,

de preferencia elegir un nivel de confianza alto dará un nivel de pérdida que muy pocas veces será excedido.

“Si los VAR resultantes son utilizados para la elección de un requerimiento de capital, entonces será crucial la elección del nivel de confianza. Dicha selección deberá reflejar el grado de aversión al riesgo de la empresa y el costo de una pérdida por exceder el VAR. Una Mayor aversión al riesgo, o un costo más grande, implica que las posibles pérdidas deberán ser cubiertas con un monto mayor de capital, conduciendo, por tanto a un mayor nivel de confianza.” (Jorion Philippe, Valor en Riesgo, 2006)

En nuestro caso, el VAR, va a ser utilizado para un requerimiento de capital, por lo que se ha establecido que el nivel de confianza elegido sea del 99.5 %. Este nivel de confianza, es un nivel demasiado alto, lo que garantiza que la compañía debe tener el capital suficiente para respaldarse, salvo en 0.5 %. En muy pocas ocasiones se espera sobrepasar este nivel ya que la probabilidad de que ocurra un evento que supere este capital es en extremo baja.

“El horizonte de tiempo puede ser determinado por la naturaleza del portafolio. Este debe corresponder al periodo más largo requerido para una liquidación ordenada del portafolio, el tiempo deberá estar relacionado con la liquidez de los valores, definido en términos del tiempo requeridos para volúmenes normales de transacción.” (Jorion Philippe, Valor en Riesgo, 2006)

Para Solvencia II, el horizonte de tiempo a tomar será dependiendo del riesgo que estemos evaluando. Por lo general se calculará con un horizonte de tiempo de un año, salvo excepciones que el mismo ejercicio requiera de otro horizonte de tiempo. En esta parte, el horizonte de tiempo se ajusta a cada riesgo, por ejemplo para los seguros de daños, debido a que la máxima vigencia de estos seguros son de un año, entonces el horizonte a tomar es el año. Para el caso de los seguros de vida o el seguro de pensiones, el horizonte de tiempo será mucho largo debido a la naturaleza del mismo seguro.

El VAR también está directamente relacionado con la duración, la cual mide la exposición a una fuente de riesgo con la probabilidad de un movimiento adverso de mercado.

De una manera ilustrativa y para entender lo que puede hacer el VAR, se va a exponer un ejemplo tomado del libro: “Análisis del riesgo en seguros en el marco de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas, Monte Carlo y Bootstrapping” de Pablo Alonso Gónzales e Irene Albarrán Lozano.

Suponiendo que se tiene el valor de una cartera de 100 millones de pesos.

Se establece un nivel de confianza del 95 % y como horizonte de tiempo una semana. Para evaluar el VAR se tiene que hacer lo siguiente:

Valorar el precio de la cartera a valor de mercado que son los 100 millones de pesos.

1. Se debe medir la variabilidad del factor en riesgo, esto se hace tomando la volatilidad u oscilación media del precio. Para este ejemplo será del 20 % anual.
2. Establecer un horizonte de tiempo. Como se estableció un horizonte temporal de una semana, 5 días hábiles, de forma anual se tienen  $5/252$ , tomando un año con 252 días hábiles, sin contar los días festivos.
3. Se tiene que establecer un nivel de confianza. El nivel es del 95 % y suponiendo que los rendimientos siguen una distribución normal, entonces el límite buscado es de 1.645 veces la desviación típica.

Obtener el VAR para este ejemplo, se hace mediante toda la información requerida anteriormente. El VAR se obtiene como:

$$VAR = 100 * 0.20 \sqrt{\frac{5}{252}} * 1.645 = 2.931$$

Lo que significa que con una probabilidad del 5 % el portafolio de 100 millones podría perder más de 2.931 millones de pesos<sup>3</sup>.

De manera general se explicará cómo obtener el valor en riesgo en términos de probabilidades. Más adelante se explicará a detalle el VAR por el método de simulación, o método Monte Carlo Estructurado. Este método es el utilizado para el riesgo accionario.

## VAR para Distribuciones Generales

Se define  $W_0$  como la inversión inicial,  $R$  la tasa de rendimiento y  $\mu$  y  $\sigma$  como el rendimiento esperado y la volatilidad de  $R$  respectivamente. El valor del portafolio al final del tiempo será  $W = W_0(1 + R)$ . Se define el valor más

---

<sup>3</sup>En el ejemplo la distribución de la cartera seguía una distribución normal. No todos los portafolios siguen esa distribución, habría que adecuarse a la distribución que sigue, para que el resultado no fuese erróneo.

bajo que podría tomar el portafolio como  $W^* = W_0(1 + R^*)$ , donde  $R^*$  es el rendimiento crítico. El VAR definido en relación a la media se define como:

$$VAR = E(W) - W^* = W_0(1 + \mu) - W_0(1 + R^*) = -W_0(R^* - \mu)$$

Si se desea el valor en riesgo, como la pérdida absoluta, en relación a cero entonces

$$VAR = -W_0R^*$$

Ahora, si se tiene la distribución de probabilidad del valor futuro del portafolio  $f(w)$ , el cálculo del VAR se deriva, dado un nivel de confianza  $c$  dado, de la peor realización posible  $W^*$  tal que la probabilidad de exceder dicho valor sea  $c$ , es decir, que exista una probabilidad  $p$  de que las pérdidas reales  $w$  sean menores o iguales a las peores pérdidas  $W^*$  con una probabilidad de  $1 - c$ .

$$p = P(w \leq W^*) = \int_{-\infty}^{W^*} f(w)dw = 1 - c$$

Donde  $W^*$  es el cuantil muestral de la distribución.

Es importante destacar que el enfoque anterior para obtener el VAR puede ser utilizado con cualquier distribución, este enfoque es llamado VAR para distribuciones generales.

### VAR para distribuciones paramétricas

Si se supone que la distribución se distribuye de manera normal, la obtención del VAR se simplifica notablemente ya que a través de la estimación de la desviación estándar el problema de encontrar el valor en riesgo es equivalente a encontrar dicha desviación.

Lo primero que se necesita es modificar la distribución  $f(w)$  en una distribución normal estándar  $\Phi(z)$ . Después se hace uso del peor rendimiento o rendimiento crítico  $R^*$ , que se obtenía del valor del portafolio más bajo  $W^* = W_0(1 + R^*)$ . Debido a que generalmente  $R^*$  es negativo, este también puede escribirse como  $-|R^*|$ . Ahora se asocia este valor con el de una desviación normal estándar  $\alpha > 0$ , tal que

$$-\alpha = \frac{-|R^*| - \mu}{\sigma}$$

Donde  $\mu$  es el rendimiento esperado y  $\sigma$  la volatilidad.

El siguiente paso es similar al de normalizar una variable aleatoria mediante un cambio de variable

$$\begin{aligned}
 p &= \int_{-\infty}^{W^*} f(w) \\
 &= \int_{-\infty}^{-|R^*|} f(r) dr \\
 &= P(r \leq -|R^*|) \\
 &= P(z\sigma + \mu \leq -|R^*|) \\
 &= \int_{-\infty}^{-\alpha} \Phi(z) dz = P(z \leq -\alpha)
 \end{aligned}$$

Por lo tanto el problema de encontrar el valor en riesgo es equivalente a encontrar la desviación  $\alpha$  tal que el área a su izquierda sea  $p = 1 - c$ . Esta área bajo la curva es el área a la izquierda de una distribución normal estándar, es decir

$$\int_{-\infty}^d \Phi(z) dz = N(d)$$

Para encontrar el VAR de una variable normal estándar, hay que elegir un nivel de confianza el cual corresponderá al valor de  $\alpha$ . Este valor se encuentra por medio de las tablas de la normal, por ejemplo si se desea un 10 por ciento entonces esto corresponde a un valor  $\alpha = 1.289$ .

Si ahora se supone que los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$  (el rendimiento esperado y la volatilidad respectivamente) se expresan de manera anual. El intervalo de tiempo se considerará como  $\Delta t$  y despejando la ecuación anterior como  $R^* = -\alpha\sigma + \mu$ . Entonces la expresión antes mencionada se generaliza como:

$$\text{ValorenRiesgo} = -W_0(R^* - \mu) = W_0\alpha\sigma\sqrt{\Delta t}$$

Esta fórmula es la del valor en riesgo por debajo de la media.

“El VAR es simplemente un múltiplo de la desviación estándar de la distribución multiplicado por un factor de ajuste que está directamente relacionado con el nivel de confianza.” (Jorion Philippe, Valor en Riesgo, 2006)

El valor en riesgo alrededor de cero, definido como pérdida absoluta, se establece como:

$$\text{ValorenRiesgo} = -W_0R^* = W_0(\alpha\sigma\sqrt{\Delta t} - \mu\Delta t)$$

Este método se puede establecer para otras funciones de probabilidad acumulativa mientras toda la incertidumbre se encuentre en la volatilidad  $\sigma$ . Se aplica principalmente para portafolios grandes ya que suelen estar bien diversificados, en cambio para portafolios con pesados componentes de opciones y una exposición a un número pequeño de riesgos financieros, el método no es válido.

Aquí se expuso de forma breve los fundamentos para la medición del valor en riesgo, sin embargo existen varios métodos y enfoques para obtener medidas del VAR. Los enfoques se clasifican en dos grupos: El que se fundamenta en la valuación local (o lineal) y el que utiliza valuaciones completas. En el primer grupo se encuentra el método Delta-Normal y en el segundo grupo se encuentran los métodos de simulación histórica, de pruebas de estrés y el Monte Carlo estructurado.

Aquí el enfoque será el método Monte Carlo ya que: “Por su flexibilidad, el análisis de Monte Carlo es con mucho el método más poderoso para cuantificar el valor en riesgo” (Jorion Philippe, Valor en Riesgo, 2006). Además este método es propuesto para la valuación del VAR en el riesgo accionario. La explicación a detalle de este método se verá más adelante.

## **TVAR**

Otra medida alternativa para controlar el riesgo, propuesta para Solvencia II, es la del Tail VAR o TVAR, también nombrado como VAR condicional o de pérdida prevista.

El Tail VAR se puede definir como la pérdida esperada de una cartera en el porcentaje de las peores pérdidas previstas en un horizonte de tiempo. Este es el promedio de las pérdidas que exceden el VAR.

Definido formalmente, el TVAR se expresa de la siguiente manera:

$$TVAR = E(X|X < p) = \frac{\int_{-\infty}^p wf(w)dw}{\int_{-\infty}^p f(w)dw}$$

Donde  $p$  es el valor en riesgo.

Así definido se supone que la variable analizada puede tomar valores tanto positivos como negativos. Para el caso de una aseguradora que quiera aplicar esta medida para los siniestros líquidos, deberá manejar valores siempre positivos de manera que el TVAR quede como:

$$TVAR = E(X|X > p) = \frac{\int_p^{\infty} wf(w)dw}{\int_p^{\infty} f(w)dw}$$

“El TVAR es la diferencia entre el valor esperado de la cartera al final del horizonte y la media de la cola asociada al percentil  $p$  en el momento de la valoración. El uso del TVAR suele ser complementario del VAR. Así, si el objetivo del VAR es el de controlar el riesgo de mercado en las situaciones normales de mercado, el TVAR realiza la misma función en los casos extremos. Esta medida resulta especialmente útil para distribuciones con colas pesadas y asimétricas, como la siniestralidad en las carteras de pólizas de seguros.” (Gonzales Pablo, Albarrán Irene, Análisis del riesgo en seguros en el mercado de Solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Bootstrapping, 2008)

Gráficamente el TVAR se vería como en la figura: 2.2.

Como se menciona anteriormente, estos son enfoques muy generales con los que se establecen las bases para el cálculo del VAR y el TVAR. Un enfoque más especializado para obtener el valor en riesgo de muchos y diversos portafolios, se puede consultar en el libro de Philippe Jorion “**Valor en Riesgo**”.

## 2.3. Riesgo de Mercado

“Riesgo de Mercado se debe al nivel o a la volatilidad de los precios de mercado en los instrumentos financieros. La exposición al riesgo de mercado se mide por el impacto de las fluctuaciones en el nivel de las variables financieras tales como los precios de las acciones, tasas de interés, precios de los inmuebles y tasa de tipo de cambio.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

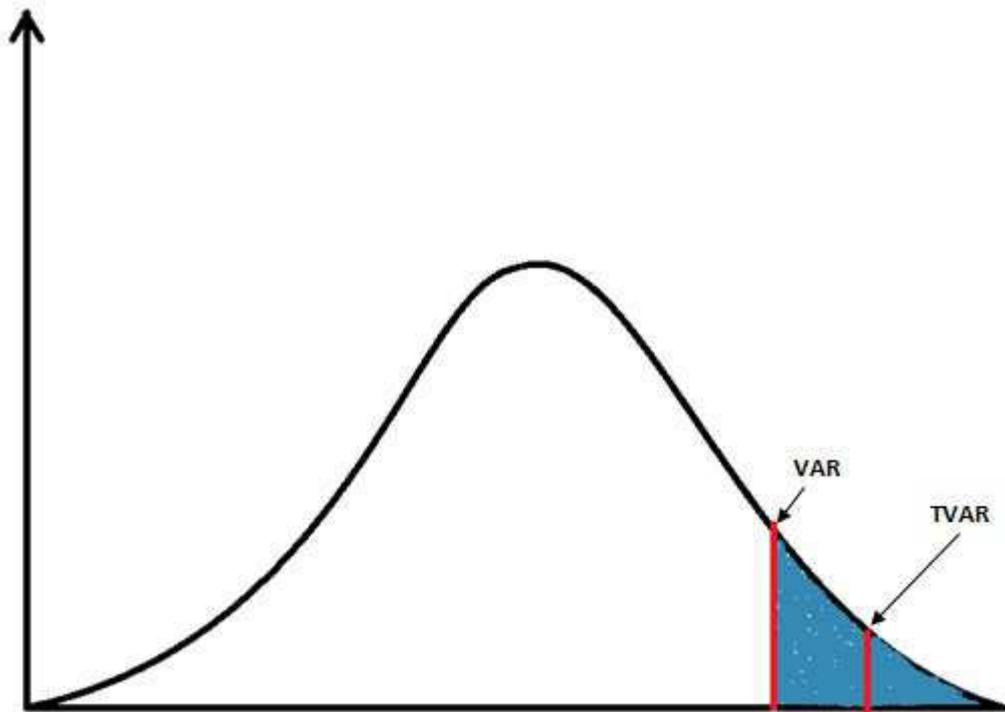


Figura 2.2: Representación gráfica del VAR y TVAR. Fuente: Alonso González Pablo, Albarrán lozano Irene, “Análisis del riesgo en seguros en el marco de solvencia II: Técnicas estadísticas avanzadas Monte Carlo y Boots-trapping”.

En otras palabras, el riesgo de mercado surge por la variabilidad de la volatilidad en el mercado de precios de los instrumentos financieros. La exposición al riesgo de mercado se mide por los movimientos de las variables financieras. Este riesgo afecta indirectamente tanto a pasivos como a activos por lo que su requerimiento de capital debe proporcionar un nivel sólido de capital con el cual la compañía aseguradora pueda hacer frente en caso de una crisis o algún cambio drástico en las tasas o divisas.

“El riesgo de mercado es la pérdida potencial por cambios en los factores de riesgo de mercado que inciden sobre la valuación o sobre los resultados esperados de las operaciones activas, pasivas o causantes de pasivos contingentes, tales como tasa de interés, tipos de cambio, índices de precios, índices accionarios, entre otros.” (HSBC México, Riesgo de Mercado-Gaceta de Basilea II, 2007)

Bajo el modelo propuesto por la EIOPA en el QIS 5, la fórmula estándar

pretende cubrir todos los riesgos de mercado para los cuales una aseguradora es vulnerable. Esto lo hace mediante pruebas de estrés para cada sub riesgo de mercado que esté en la fórmula.

Dentro del módulo de riesgo de mercado se contemplan los siguientes sub módulos; de estos sub módulos se obtiene su correspondiente requerimiento de capital para en conjunto formar el requerimiento de capital total para el riesgo de mercado.

$Mercado_{int}^{alza}$  = Requerimiento de capital para el riesgo de tasa de interés con movimientos abruptos a la alza.

$Mercado_{int}^{baja}$  = Requerimiento de capital para el riesgo de tasa de interés con movimientos abruptos a la baja.

$Mercado_{prop}$  = Requerimiento de capital para riesgo de Inmuebles.

$Mercado_{sp}$  = Requerimiento de capital para el riesgo de spread.

$Mercado_{conc}$  = Requerimiento de capital para el riesgo de concentración.

$Mercado_{fx}$  = Requerimiento de capital para el riesgo de tipo de cambio.

$Mercado_{eq}$  = Requerimiento de capital para el riesgo accionario.

Una vez determinados cada uno de los requerimientos de capital para este módulo se procede a calcular el Requerimiento de Capital Total para el riesgo de mercado. El Requerimiento de Capital de Solvencia para el módulo de Riesgo de Mercado debe de combinar todos los RCS (Requerimiento de Capital de Solvencia) para los diferentes sub módulos y debe de usar la matriz de correlación de la siguiente manera:

$$RCS_{Mercado} = \max \left\{ \frac{\sqrt{\sum_{rxc} CorrMercadoUP_{r,c} * Mercado_{up,r} * Mercado_{up,c}}}{\sqrt{\sum_{rxc} CorrMercadoDown_{r,c} * Mercado_{down,r} * Mercado_{down,c}}} \right\}$$

Donde:

$CorrMercadoUP_{r,c}$  : Son las celdas correspondientes a la matriz de correlación  $CorrMercadoUP$ .

$Mercado_{up,r}$  ,  $Mercado_{up,c}$  : Los requerimientos de capital correspondientes a cada sub módulo dentro del riesgo de mercado. Estos requerimientos toman en consideración el requerimiento de capital de interés a la alza.

$CorrMercadoDown_{r,c}$  : Son las celdas correspondientes a la matriz de correlación  $CorrMercadoDown$ .

$Mercado_{down,r}$  ,  $Mercado_{down,c}$  : Los requerimientos de capital correspondientes a cada sub módulos dentro del riesgo de mercado. Estos requerimientos toman en consideración el requerimiento de capital de interés a la baja.

Las matrices de correlación para los sub módulo de riesgo de Mercado son las mostradas en las figuras 2.3 y 2.4.

$CorrMercadoUP$	Interés	Accionario	Inmueble	Spread	Tipo de Cambio	Concentración
Interés	1					
Accionario	0.5	1				
Inmueble	0.5	0.75	1			
Spread	0.5	0.75	0.5	1		
Tipo de Cambio	0.25	0.25	0.25	0.25	1	
Concentración	0	0	0	0	0	1

Figura 2.3: Matriz de correlación del riesgo de mercado a la alza. Fuente: Elaboración propia con datos de CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”

$CorrMercadoDown$	Interés	Accionario	Inmueble	Spread	Tipo de Cambio	Concentración
Interés	1					
Accionario	0	1				
Inmueble	0	0.75	1			
Spread	0	0.75	0.5	1		
Tipo de Cambio	0.25	0.25	0.25	0.25	1	
Concentración	0	0	0	0	0	1

Figura 2.4: Matriz de correlación del riesgo de mercado a la baja. Fuente: Elaboración propia con datos de CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”

Nota: el cálculo del RCS para cada sub riesgo de mercado es como lo establece el QIS 5. Estos requerimientos serán utilizados específicamente en la Unión Europea.

### 2.3.1. Riesgo de Tasa de Interés

“El riesgo de tasa de interés existe para todos los activos y pasivos cuyo valor neto de activos sea sensible a los cambios en la estructura de las tasas

de interés o que sean afectadas directamente por la volatilidad en la tasa de interés. Esto se aplica tanto a las estructuras reales y a las nominales de largo plazo.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

El criterio general para estimar el RCS en este riesgo se determina mediante pruebas de estrés en la estimación de los cambios en el valor de los activos menos el de los pasivos. El valor de los activos menos los pasivos se conoce como NAV por sus siglas en ingles (Net Value of Assets Minus Liabilities).

El requerimiento de capital se determina como el resultado de dos posibles escenarios: que la curva de tasas de interés utilizada para valuar los activos menos pasivos (NAV) esté a la alza o de que esté a la baja.

Estos escenarios se describen como:

$$Mercado_{int}^{alza} = \Delta NAV|_{alza}$$

$$Mercado_{int}^{baja} = \Delta NAV|_{baja}$$

Donde  $\Delta NAV|_{alza}$  y  $\Delta NAV|_{baja}$  son los cambios en el valor neto de activos menos pasivos debido a la re-valoración de todos los instrumentos sensibles a las tasa de interés, con alteración en las estructuras de largo plazo hacia la alza o hacia la baja. El stress que causa la re-valorización es instantáneo.

Cuando una aseguradora sea expuesta a los movimientos de las tasa de interés en más de una moneda, el requerimiento de capital para el riesgo de tasa de interés se debe de calcular basándose en la combinación de todos los cambios relativos en la curva de rendimientos.

La alteración en los plazos de las tasas se deriva de multiplicar la curva de tasas de interés actual por  $(1 + s^{alza})$  y por  $(1 + s^{baja})$ , donde el estrés a la alza y a la baja con tiempo de maduración  $t$  se expresa como:  $s^{alza}$  y  $s^{baja}$  respectivamente, y se obtiene de la tabla: 2.5

Por ejemplo: el stress de una tasa de interés a 15 años  $R_1(15)$ , en un escenario a la alza se determina como:

$$R_1(15) = R_0 * (1 + 0.33)$$

Donde  $R_0(15)$  es la tasa de interés a 15 años basada en la estructura del periodo actual<sup>4</sup>.

Determinando el tipo de impacto patrimonial que haya causado el stress tanto a la alza como a la baja, se tomará el mayor impacto y este es el que

---

<sup>4</sup>Este ejemplo es tomado del “QIS5 Technical Specification”, pág. 112.

Tiempo de Maduración t (años)	Cambio relativo $s^{alza}$	Cambio relativo $s^{baja}$
0.25	70%	-75%
0.5	70%	-75%
1	70%	-75%
2	70%	-65%
3	64%	-56%
4	59%	-50%
5	55%	-46%
6	52%	-42%
7	49%	-39%
8	47%	-36%
9	44%	-33%
10	42%	-31%
11	39%	-30%
12	37%	-29%
13	35%	-28%
14	34%	-28%
15	33%	-27%
16	31%	-28%
17	30%	-28%
18	29%	-28%
19	27%	-29%
20	26%	-29%
21	26%	-29%
22	26%	-30%
23	26%	-30%
24	26%	-30%
25	26%	-30%
30	25%	-30%

Figura 2.5: Tabla de cambios relativos en  $s$ . Fuente: CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”

determinará el requerimiento de capital para el riesgo de tasa de interés, es decir:

Si  $Mercado_{int}^{Alza} > Mercado_{int}^{Baja}$  entonces  $Mercado_{int} = \max\{Mercado_{int}^{Alza}, 0\}$  y  $Mercado_{int} = Mercado_{int}^{Alza}$  si  $Mercado_{int} > 0$ . En otro caso es cero.

Si  $Mercado_{int}^{Alza} \leq Mercado_{int}^{Baja}$  entonces  $Mercado_{int} = \max\{Mercado_{int}^{Baja}, 0\}$  y  $Mercado_{int} = Mercado_{int}^{Baja}$  si  $Mercado_{int} > 0$ . En otro caso es cero.

### 2.3.2. Riesgo de Inmueble (Propiedad)

“Surge como resultado de la sensibilidad de los activos, pasivos e inversiones financieras en la volatilidad del mercado sobre los precios de inmue-

bles.”(European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

El requerimiento de capital para este sub riesgo se calcula con base en un shock catastrófico en el valor neto de los activos menos los pasivos (NAV).

Esto se hace mediante un escenario predefinido establecido como:

$$Mercado_{prop} = \max\{\Delta NAV|propertyshock; 0\}$$

Donde *propertyshock* es el efecto inmediato en el NAV de una caída en el precio del inmueble tomando en cuenta a todos los participantes directos e indirectos en la exposición de los precios de los inmuebles.

**El shock catastrófico se establece como el 25 % a la baja en el precio de mercado**<sup>5</sup>. Este escenario debe ser calculado para los estados de resultados futuros. Los elementos que se toman como inmuebles son: tierras, edificios, derechos inmobiliarios, inversiones en inmuebles, etc.

El requerimiento de capital para propiedades debe de ser calculado bajo la condición de que el escenario no cambia el valor en las reservas técnicas.

### 2.3.3. Riesgo de Tipo de Cambio

Las compañías aseguradoras al tener inversiones, acciones, opciones o algún otro instrumento financiero en divisas extranjeras diferentes a la local, corren el riesgo de un cambio en los precios de las divisas. En general los tipos de cambio tienen una alta volatilidad, es por esto que:

“El riesgo de tipo de cambio surge como resultado de la variabilidad en los precios de las divisas.”(European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

El requerimiento de capital para este riesgo pretende cubrir todos los posibles escenarios de pérdida en los cuales una aseguradora tenga indizados en otra moneda sus activos.

Dependiendo de la moneda que utilice la aseguradora o en la que haga sus estados financieros, esta moneda se establecerá como divisa local, las demás serán divisas extranjeras. Muchas veces los fondos propios de una aseguradora pueden estar en una divisa local y extranjera, por lo que este requerimiento afecta indirectamente al capital de la aseguradora<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup>El shock catastrófico es el establecido para la Unión Europea por el QIS 5. Todavía está pendiente para nuestro país.

<sup>6</sup>Como este es el caso para la Unión Europea; la moneda local será el euro.

Para cada divisa extranjera relevante “C” la posición de la divisa debe de incluir alguna inversión en instrumentos en el extranjero donde el riesgo de divisa no esté cubierto, esto ya que al calcular el riesgo de tasa de interés, el riesgo accionario, el riesgo de spread (diferencial) y el riesgo de propiedad no tienen incorporado el riesgo de divisa.

El requerimiento de capital para el riesgo de divisa se determina como el resultado de dos posibles escenarios, dos posibles shocks: que el tipo de cambio este a la alza o que el tipo de cambio este a la baja. Esto se expresa de la siguiente manera:

$$Mercado_{fx,C}^{Up} = \max\{\Delta NAV | fx \text{ upward shock}; 0\}$$

$$Mercado_{fx,C}^{Down} = \max\{\Delta NAV | fx \text{ downward shock}; 0\}$$

El stress se ha fijado en un shock del 25 % a la alza y a la baja respectivamente en el valor de todas las demás monedas frente a la moneda local en el que la empresa realice sus cuentas reglamentarias locales.

Para cada divisa, el requerimiento de capital ( $Mercado_{fx,C}$ ) se debe determinar como el máximo entre el shock del tipo de cambio a la alza y el shock del tipo de cambio a la baja ( $Mercado_{fx,C}^{Up}$  y  $Mercado_{fx,C}^{Down}$ ) El requerimiento de capital total debe ser la suma para todas las divisas “ $Mercado_{fx,C}$ ”.

### 2.3.4. Riesgo de spread

De manera general, el spread o diferencial de tasas es la diferencia que se da en una tasa de interés con respecto a un índice de referencia, por lo general una tasa de interés libre de riesgo.

“El riesgo de spread surge de la sensibilidad de los activos, pasivos e instrumentos financieros con respecto a cambios en el nivel o en la volatilidad de los diferenciales de crédito con respecto a las tasas de interés libres de riesgo.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

El riesgo de spread aplica principalmente para los siguientes tipos de bonos:

- Inversiones en bonos corporativos.
- Bonos corporativos de alto rendimiento.

- Deuda subordinada<sup>7</sup>.
- Deuda híbrida<sup>8</sup>

El riesgo de spread también se puede aplicar para todos los tipos de valores respaldados por activos, así como a todos los productos estructurados de crédito que sean utilizados para respaldar una deuda.

También cubre en particular a los derivados de crédito como por ejemplo: credit default swaps (permuta de incumplimiento crediticio), total return swaps (permuta financiera de retorno total) y bonos con vinculación crediticia. En relación con los derivados de crédito, solo el riesgo de crédito que es transferido por el derivado, se cubre en el riesgo de spread.

El riesgo de spread también cubre el riesgo de crédito por inversiones, que incluyen en particular:

- Derivados de crédito, por ejemplo: credit default swaps, total return swaps.
- Otros riesgos de inversiones de crédito, incluyendo en particular: intereses participativos (participating interests<sup>9</sup>), títulos de deuda emitidos por empresas afiliadas.
- Títulos de deuda y otros instrumentos de renta fija.
- Participación en fondos de inversión.
- Préstamos garantizados por hipotecas.
- Depósitos en instituciones de crédito.

El diseño de este sub módulo implica que los programas de cobertura del spread de crédito puedan ser tomados en una cuenta cuando se calcule el

---

<sup>7</sup>La deuda subordinada son títulos, valores de renta fija con rendimientos emitidos por entidades de crédito que ofrecen una rentabilidad mayor que otros activos de deuda. (todoproductosfinancieros.com, 2011)

<sup>8</sup>Los instrumentos de deuda híbrida son aquellos que contienen características que se asimilan tanto a deuda como a capital. Tienen la habilidad de absorber pérdidas que sufren los emisores. (Santibañez, Instituciones Financieras, Clasificación de instrumentos de deuda híbrida)

<sup>9</sup>Intereses participativos: cuando una empresa “padre” tiene en sus filiales intereses de largo plazo que puede intervenir con el fin de controlar la influencia derivada de este interés.

requerimiento de capital para este tipo de riesgo. Esto permite a las empresas obtener las reservas adecuadas para sus instrumentos de cobertura.

“El cálculo del RCS se realiza mediante la agregación del importe estimado de las pérdidas para las distintas posiciones por contraparte, teniendo en cuenta la pérdida máxima predefinida en función de la calificación de cada contraparte y de la duración de la posición que se estandariza en función del rating.” (Camacho Álvaro, Solvencia II: Supervisión basada en riesgo de entidades aseguradoras en el marco de la Unión Europea, 2009)

El RCS para el riesgo de spread se obtiene de la suma de los diferentes RCS para cada contraparte, es decir

$$Mercado_{sp} = Mercado_{sp}^{bonos} + Mercado_{sp}^{struct} + Mercado_{sp}^{cd}$$

Donde:

$Mercado_{sp}^{bonos}$  = Requerimiento de Capital de Solvencia para el riesgo de spread con participación en bonos.

$Mercado_{sp}^{struct}$  = Requerimiento de Capital de Solvencia para el riesgo de spread con participación en los productos estructurados de crédito.

$Mercado_{sp}^{cd}$  = Requerimiento de Capital de Solvencia para el riesgo de spread con participación en los derivados de crédito.

Cada requerimiento de capital es estresado por un shock y este depende si es por bonos, productos estructurados de crédito o derivados de crédito. En este shock está implícito un stress que depende de la calificación que obtenga cada contraparte.

### 2.3.5. Riesgo de Concentración

El objetivo de establecer un requerimiento de capital para el riesgo de concentración, es el de incentivar a que las compañías aseguradoras diversifiquen sus inversiones o en su defecto que se les castigue con capital por una mala inversión. La meta es que no concentren la mayor parte de su inversión en un solo activo financiero.

“La concentración de riesgos de mercado se encuentra en la acumulación de exposiciones con la misma contraparte, es decir solo contempla concentración por emisor, no por tipo de valor, sector o región geográfica.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

El alcance del sub-módulo de riesgo de concentración se extiende a los activos considerados en las acciones, riesgo de spread, y riesgo de inmueble y excluye a los activos cubiertos por el riesgo de contraparte con el fin de evitar un traslapamiento entre los elementos que conforman el RCS.

Una evaluación apropiada de los riesgos de concentración debe tener en cuenta tanto las exposiciones directas como indirectas derivadas de las inversiones incluidas en el alcance de este sub módulo.

El cálculo del riesgo de concentración se hace mediante tres pasos:

- 1) Exposición excesiva.
- 2) Riesgo de concentración por emisor.
- 3) Agregación.

Los activos expuestos a este riesgo deben ser agrupados de acuerdo con las contrapartes involucradas. Para esto se consideran los siguientes elementos de entrada:

$E_i$  = Exposición en caso de incumplimiento por parte de la contraparte  $i$ .

$Activos_{xl}$  = Monto total de activos considerados en este sub-módulo.

$rating_i$  = Calificación externa de la contraparte  $i$ .

La exposición excesiva se calcula como:

$$XS_i = \max \left\{ 0, \frac{E_i}{Activos_{xl}} - CT \right\}$$

Donde  $CT$  (Concentración Máxima) depende de la calificación de la contraparte  $i$ . Esta concentración máxima es el porcentaje máximo de activos que la aseguradora tiene permitido invertir. Esta se establece como en la tabla: 2.6

Después, el riesgo de concentración por emisor se calcula como resultado de un escenario de stress pre-definido como:

$$Conc_i = \Delta NAV | \text{concentration shock}$$

El shock en el emisor “ $i$ ” es un efecto inmediato en el NAV esperado en caso de una disminución instantánea de valores en  $XS_i * g_i$ , en una exposición concentrada donde el parámetro  $g$ , depende del rating de crédito de la

Calificación	Concentración Máxima (CT)
AA-AAA	3%
A	3%
BBB	1.5%
BB o menos	1.5%

Figura 2.6: Tabla de calificación y Concentración Máxima. Fuente: CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”

contraparte  $X S_i$  que es un porcentaje tomado por el concepto de exceso de exposición y  $g_i$  es un parámetro que depende de la calificación crediticia de la contraparte y se obtiene de la tabla: 2.7.

Calificación <sub>i</sub>	Nivel de Calidad crediticia	$g_i$
AAA	1A	0.12
AA	1B	0.12
A	2	0.21
BBB	3	0.27
BB o menos	4-6	0.73

Figura 2.7: Tabla de de valores de  $g_i$  con respecto a la calificación. Fuente: CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”

Para contrapartes sin calificación que pueden ser empresas de reaseguro que estén sujetas a Solvencia II y que respondan al riesgo de contraparte; el parámetro  $g$  dependerá de su razón de solvencia (solvency ratio) y se determinará como en la tabla: 2.8 .

Razón de Solvencia	$g_i$
>175%	0.12
>150%	0.21
>125%	0.27
<125%	0.73

Figura 2.8: Tabla de de valores de  $g_i$  para contrapartes sin calificación. Fuente: CEIOPS. “QIS5 Technical Specifications”

El requerimiento de capital para el riesgo de concentración se determina

asumiendo no correlación entre los requisitos para cada contraparte  $i$ .

$$Mercado_{conc} = \sqrt{\sum_i Conc^2}$$

Este sub-módulo considera el enfoque de absorción de pérdidas en las reservas técnicas.

## 2.4. Riesgo Accionario

“El riesgo accionario se debe al nivel o la volatilidad de los precios en el mercado accionario. Su exposición se refiere a todos los activos y pasivos cuyo valor sea sensible a los cambios en el precio de las acciones.” (European Comision, QIS 5 Technical Specification, 2010)

“El riesgo accionario surge al mantener posiciones abiertas (de compra-venta) con acciones, índices, o instrumentos con base en acciones. De este modo se crea una exposición al cambio en el precio de mercado de las acciones vinculadas a los índices o instrumentos basados en estas.” (HSBC Mexico, Riesgo de Mercado-Gaceta de Basilea II, 2007)

Este riesgo intenta incluir el riesgo derivado de la inestabilidad en el sistema financiero<sup>10</sup> y utiliza índices como aproximaciones, esperando que el comportamiento de las acciones se encuentre expresado en dichos índices.

Para determinar el riesgo accionario se establecen los siguientes índices: un índice “Global” el cual comprende la totalidad de las acciones listadas en la EEA (Área Económica Europea, por sus siglas en ingles: European Economic Area) y en los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) y un índice “Otros” que son las demás acciones que no están listadas en la OCDE o que están en los mercados emergentes.

Como primer paso para calcular el requerimiento de capital; para cada índice “*i*”, se determina un requerimiento de capital como el resultado de un escenario de stress pre-definido para la acción “*i*” como sigue:

$$Mercado_{eq,i} = \max\{\Delta NAV | shock_{accionario_i}; 0\}$$

Donde:

$shock_{accionario_i}$  = Es una caída pre-escrita en el valor de la acción “*i*”.

$Mercado_{eq,i}$  = Requerimiento de capital para el riesgo accionario con respecto al índice “*i*”.

El shock accionario para los factores “Global” y “Otros”, está especificado por los factores de la tabla: 2.9 .

Si la acción pertenece al índice Global se deberá aplicar una variación a la baja (shock accionario) del 30% a las acciones que posea la compañía. Si la cía. posee acciones que no pertenecen a este índice, se deberá aplicar una

---

<sup>10</sup>Riesgo sistémico.

	Global	Otros
<i>Shock Accionario<sub>i</sub></i>	30%	40%

Figura 2.9: Factores Global y Otros. Fuente: CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”

variación a la baja del 40 %. Estas cantidades deberán revisarse periódicamente en función de las circunstancias del mercado. En este sentido el QIS5 propone un incremento del 9 %, de manera que los niveles de stress pudieran llegar a quedar como 39 % y 49 % respectivamente.

El Requerimiento de Capital “ $Mercado_{eq,i}$ ” se determina como un efecto inmediato en el NAV (valor neto de los activos menos pasivos) esperado cuando se haya aplicado el escenario de stress ( $ShockAccionario_i$ ), tomando en cuenta a todos los participantes individuales tanto directos como indirectos de los mercados accionarios de precios.

Todas las acciones y todas las exposiciones a las acciones, se deben tomar en cuenta incluyendo las acciones privadas y excluyendo el capital social de la aseguradora. Estas participaciones se deben tomar en cuenta como sigue:

- 1) El shock en la volatilidad es cero para participaciones en instituciones financieras de crédito. (Se consideran acciones No Bursátiles)
- 2) El shock accionario es del 22 % para participaciones estratégicas<sup>11</sup>, es decir cuando participa en acciones de empresas del mismo grupo.
- 3) Otras participaciones que sean objeto de un shock en la volatilidad accionaria.

Alternativamente, las inversiones deben cubrir todo tipo de riesgo accionario como: fondos de alto riesgo (hedge funds), futuros administrados (managed futures), derivados, inversiones en Special Purpose Vehicles (SPV), Collateralized Debt Obligations o CDO’s, etc. Estas no pueden ser asignadas al riesgo de spread o no son riesgos accionarios comunes.

Como segundo paso; se debe tomar en cuenta la correlación entre el índice “Global” y el índice “Otros”, derivada por la combinación de cargos de capital

---

<sup>11</sup>Son las empresas donde se tiene inversión de carácter estratégico. Se establecen de largo plazo y que se mantendrán. (CEIOPS, Technical specifications for QIS 5, 2010)

en los índices individuales. Para esto se usa la siguiente fórmula:

$$Mercado_{eq} = \sqrt{\sum_{rxc} CorrIndex^{rxc} * Mercado_{eq,r} * Mercado_{eq,c}}$$

Donde:

$CorrIndex^{rxc}$  = Las celdas de la matriz de correlación  $CorrIndex$ .

$Mercado_{eq,r}$  ,  $Mercado_{eq,c}$  = Requerimiento de capital para el riesgo accionario por categoría individual de acuerdo a los renglones y columnas de la matriz de correlación  $CorrIndex$ .

La matriz de correlaciones se define en la tabla: 2.10.

<i>CorrIndex</i>	<i>Global</i>	<i>Otros</i>
<i>Global</i>	1	
<i>Otros</i>	0.75	1

Figura 2.10: Matriz de correlación para los factores Global y Otros. Fuente: CEIOPS, “QIS5 Technical Specifications”.

Los escenarios de renta variable se calculan con la condición de que no cambien el valor de los escenarios en los beneficios discretos futuros en las reservas técnicas.

De esta manera el cálculo del Requerimiento de Capital de Solvencia para el riesgo accionario en el mercado asegurador europeo propuesto por el QIS5 queda descrito. Para el mercado asegurador mexicano también se espera aplicar escenarios de stress, de modo que se obtengan Requerimientos de Capital por los activos que las aseguradoras tengan en índices accionarios. Lo interesante de aplicar los shocks accionarios a los diferentes índices es el procedimiento con el cual se obtuvo los escenarios de stress. Estos procedimientos serán presentados a continuación, no sin antes explicar el método que se utilizó para obtener estos escenarios el cual es el método de Monte Carlo.

## 2.5. Monte Carlo Estructurado

El método Monte Carlo aproxima el comportamiento de los precios de activos financieros utilizando simulaciones computarizadas para generar caminatas

aleatorias de precios. Este término se tomó del casino en Mónaco, y fue utilizado por primera vez en la bomba atómica para enfrentar problemas que no podían ser resueltos por métodos convencionales.

El método consiste en la utilización de series de números aleatorios para la creación de escenarios de futuros rendimientos potenciales. Las simulaciones se obtienen con base en la historia observada. Una vez que se cuenta con un número suficiente de estos escenarios simulados que sustenten una muestra estadísticamente precisa, es posible determinar la variable de interés por ejemplo, en su aplicación más conocida, el VAR.

“El método Monte Carlo estructurado se utiliza para simular una variedad de escenarios sobre el valor que podría tener el portafolio en una fecha objetivo. El VAR del portafolio puede leerse entonces directamente a partir de la distribución de los valores del portafolio simulado.” (Jorion Philippe, Valor en Riesgo, 2006)

Cada escenario de la simulación consiste en una secuencia de valores que en conjunto forman una posible ruta de los rendimientos. Cada simulación debe constar del número de rutas estadísticamente suficiente para estimar resultados acertados, ya que cada camino incorpora cierto grado de aleatoriedad y no es posible generar dos rutas idénticas dentro de la misma simulación.

La idea principal es simular repetidas veces un proceso aleatorio para la variable financiera de interés, cubriendo un amplio rango de situaciones posibles donde cada uno de los valores obtenidos para el activo o portafolio al final de cada ruta debe tener la misma probabilidad. Por lo tanto, las simulaciones recrean la distribución completa de los valores del portafolio.

El cálculo del VAR por el método Monte Carlo estructurado puede hacerse cuando las simulaciones son con una variable o cuando las simulaciones son con variables múltiples. Se enfocará en explicar el caso de una sola variable con el pretexto de que es lo que se necesita para la realización de este proyecto.

Para empezar a realizar las simulaciones necesitamos elegir un modelo estocástico particular para el comportamiento de los precios. Un modelo que permite hacer esto es el **movimiento geométrico browniano**.

## **Movimiento Browniano**

No es posible explicar el Movimiento Geométrico Browniano sin antes hablar del Movimiento Browniano.

El movimiento Browniano surge cuando el botánico Robert Brown transmitió en una revista científica que los granos de polen suspendidos en agua o gas y vistos desde un microscopio, realizaban un movimiento extraño e irregular. Estos movimientos se explican a través de las múltiples colisiones aleatorias de las moléculas del líquido con los granos de polen. Estas observaciones sugieren que el fenómeno satisface las siguientes propiedades:

- Es continuo.
- Es posible que tenga desplazamientos independientes en intervalos de tiempo disjuntos.
- Los incrementos pueden modelarse como variables aleatorias normales.

Esta estructura matemática es consecuencia directa de las observaciones del fenómeno físico, pero esto no garantiza que tal objeto matemático exista. Es por esto que en 1923 el matemático Norbert Wiener demostró la existencia y unicidad de un proceso con tales condiciones. Este es un proceso estocástico a tiempo continuo, siendo más específicos, es un ejemplo de un proceso de Markov a tiempo continuo y con espacio de estados a tiempo continuo. A este proceso también se le suele llamar proceso de Wiener.

La definición matemática formal, en el caso unidimensional es la siguiente:

**Definición.**

Un movimiento Browniano unidimensional de parámetro  $\sigma^2$  es un proceso estocástico  $\{W_t : t \geq 0\}$  con valores en  $\mathbb{R}$  que cumple las siguientes propiedades:

- I.  $W_0 = 0$  casi en todas partes. El proceso empieza en  $t = 0$  con probabilidad uno.
- II. Las trayectorias  $t \mapsto W_t$  son continuas.
- III. Para cualquier conjunto de tiempos  $0 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_n$ , los incrementos

$$W_{t_1} - W_{t_0}, W_{t_2} - W_{t_1}, \dots, W_{t_n} - W_{t_{n-1}}$$

son independientes.

- IV. Para cualquier par de tiempos  $t$  y  $s$  con  $0 \leq s < t$ ,  $W_t - W_s$  tiene distribución  $N(0, \sigma^2(t - s))$

Se dice que el Movimiento Browniano es *estandar* cuando  $\sigma^2 = 1$ , es decir cuando  $W_t - W_s$  tiene distribución  $N(0, t - s)$ .

Aun cuando el Movimiento Browniano es una de las bases en la construcción de los modelos de riesgos financieros y económicos, este no puede representar el comportamiento de todas las variables financieras, por ejemplo los precios de los activos no son descritos adecuadamente por el Movimiento Browniano estándar ya que los precios no parten de cero. Sus incrementos podrían tener medias distintas de cero o podrían tener varianzas que no sean proporcionales al tiempo. En general, los precios de los activos empiezan en valores diferentes de cero, tienen incrementos con medias diferentes de cero, varianzas que no son proporcionales al tiempo y covarianzas diferentes de cero.

### Movimiento Geométrico Browniano

“El Movimiento Geométrico Browniano se obtiene por una transformación exponencial del Movimiento Browniano estándar. Específicamente, si  $W_t$  es un Movimiento Browniano estándar,  $\mu$  es una constante (tendencia),  $\sigma$  es una constante positiva (volatilidad) y  $S_0$  es un precio inicial conocido, entonces el proceso

$$S_t = S_0 \exp \left\{ \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma W_t \right\} \quad (2.1)$$

es llamado movimiento geométrico Browniano. Este proceso es frecuentemente utilizado para describir el cambio porcentual (rendimiento) del precio de un activo.” (Venegas Francisco, Riesgos financieros y económicos, 2008)

Se observa que 2.1 se puede representar como:

$$\ln(S_t) = \ln(S_0) + \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma W_t$$

Lo que dice que la distribución de  $\ln(S_t)$  es normal con

$$E[\ln(S_t)] = \ln(S_0) + \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t$$

y

$$VAR[\ln(S_t)] = \sigma^2 t$$

La forma más común de presentar al movimiento geométrico Browniano es mediante la ecuación

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t \quad (2.2)$$

esta ecuación es la versión anterior a 2.1, es decir, mediante el uso de cálculo estocástico se puede obtener 2.1 a partir de 2.2<sup>12</sup>.

Teniendo en cuenta que el modelo que más se aproxima al precio de un activo financiero es el movimiento geométrico browniano, este es el utilizado para la simulación de las trayectorias de precios. Durante la generación de cada ruta, los valores deben calcularse cuidadosamente, es decir, se estima cada valor a partir del valor previo y con base en los rendimientos aleatorios generados. Las variables que determinan el punto de partida son el último valor observado del activo o portafolio, el rendimiento medio observado durante cierto tiempo y la volatilidad.

### Calculo del VAR

Una vez que se han simulado varias trayectorias de precios, se puede construir la distribución del portafolio final del horizonte de tiempo seleccionado. La simulación se lleva a cabo mediante los siguientes pasos:

1. Seleccionar un proceso estocástico y sus parámetros.
2. Generar una pseudosecuencia de variables  $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$ , con las cuales se obtienen los precios como  $S_{t+1}, S_{t+2}, \dots, S_{t+n}$ .
3. Calcular el valor del activo  $F_{t+n} = F_T$  bajo esta secuencia particular de precios en el horizonte de tiempo objetivo.
4. Repetir los pasos 2 y 3 tantas veces como sea necesario, por ejemplo 10,000, obteniendo una distribución de valores  $F_T^1, \dots, F_T^{10000}$  para los cuales puede ser calculado el VAR. En el nivel de significancia seleccionado  $c$ , el VAR es el valor del portafolio excedido en  $c$  veces 10,000 repeticiones.

A medida que se incrementan el número de repeticiones, la estimación converge al valor verdadero, más repeticiones conducen a estimaciones más precisas pero requieren más tiempo y el costo computacional se vuelve mayor.

El análisis por Monte Carlo es el método más poderoso para calcular el valor en riesgo. Este método considera un amplio rango de riesgos incluyendo el riesgo precio, el riesgo volatilidad y el riesgo crédito. Es el método analítico más completo para medir los riesgos financieros.

---

<sup>12</sup>La demostración se explica en el anexo.

## Capítulo 3

# Riesgo accionario caso mexicano

Dentro de la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros (la ley a la fecha de realización de este trabajo, 2013) las compañías de seguros pueden invertir el monto de las reservas técnicas con el fin de que esta inversión esté orientada en activos que permitan mantener las condiciones adecuadas de seguridad, diversificación, rentabilidad y liquidez apropiadas.

Las reservas técnicas representan las provisiones necesarias que las instituciones de seguros deben realizar para dotarse de liquidez, a fin de financiar el pago de las reclamaciones. El monto de las mismas constituye su base de inversión. Las reservas técnicas que deben constituir las instituciones de seguros son:

- Reservas de riesgos en curso: Destinadas a cubrir la siniestralidad ocurrida durante la vigencia del seguro.
- Reservas de obligaciones pendientes de cumplir: Son las que están hechas para siniestros ocurridos pendientes de ser cubiertos.
- Reservas especiales: Están destinadas a hacer frente a desviaciones en la siniestralidad o riesgos de naturaleza catastrófica (contingencia y riesgos catastróficos).

Las reservas técnicas pueden invertirse en valores emitidos o avalados por el gobierno federal, en valores aprobados por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, en depósitos bancarios (con excepción de la cuenta maestra

empresarial y la cuenta de cheques) y en sociedades de inversión comunes y sociedades de inversión en instrumentos de deuda. También, de manera muy limitada, se pueden invertir en inmuebles. Si fueron constituidas en moneda extranjera, las reservas técnicas deberán invertirse en valores denominados en moneda extranjera de acuerdo con lo establecido en la regulación. Por otro lado, si la suma asegurada está indizada al comportamiento de la inflación, se deberá invertir únicamente en valores que ofrezcan un rendimiento garantizado superior o igual a la inflación. Como nota se debe aclarar que la inversión en títulos y valores privados se realizará cuando los valores estén calificados.

Para garantizar la adecuada diversificación de las inversiones, las aseguradoras deben de cumplir con ciertos límites de inversión de acuerdo con el tipo de valor y el tipo de emisor, estos límites son los siguientes:

**Por tipo de valores, bienes, créditos, reportos u otros activos:**

<b>Activos</b>	<b>Límites de Inversión</b>
<b>a)</b> Valores emitidos o respaldados por el Gobierno Federal.	Hasta 100 %
<b>a.1)</b> Valores emitidos o respaldados por organismos descentralizados, empresas de participación estatal mayoritaria, gobiernos estatales y municipales.	Hasta 60 %
<b>b)</b> Valores emitidos o respaldados por instituciones de crédito o por organismos financieros internacionales.	Hasta 60 %
<b>c)</b> Valores emitidos o respaldados por entidades distinta a <b>a)</b> , <b>a.1)</b> y <b>b)</b>	Hasta 40 % en conjunto
<b>c.1)</b> Valores emitidos por emisores extranjeros que estén inscritos o que no estén en Sistema Internacional de Cotizaciones de la BMV, Vehículos que replican acciones, vehículos de deuda y notas estructuradas.	Hasta el 10 %
<b>c.2)</b> Notas estructuradas de capital protegido.	Hasta el 10 %
<b>c.3)</b> Valores vinculados a una misma actividad económica de acuerdo a las disposiciones administrativas que dé a conocer la comisión.	Hasta el 20 %
<b>c.4)</b> Instrumentos bursatilizados considerados como colocados por un emisor independiente.	Hasta el 10 %
<b>c.5)</b> Instrumentos estructurados.	Hasta el 10 %

<p><b>d)</b> Títulos, activos o créditos siguientes, sin que cada uno rebase los límites siguientes:</p> <p><b>d.1)</b> Operaciones de descuento y redescuento.</p> <p><b>d.2)</b> Créditos con garantía prendaria de títulos o valores y créditos con garantía de fideicomiso.</p> <p><b>d.3)</b> Créditos con garantía hipotecaria</p> <p><b>d.4)</b> Inmuebles urbanos de productos regulares.</p>	<p>Hasta 30 % en conjunto</p> <p>Hasta el 5 %</p> <p>Hasta el 5 %</p> <p>Hasta el 5 %</p> <p>Hasta el 25 %</p>
<p><b>e)</b> La suma de las operaciones de reporto de valores y préstamo de valores.</p>	<p>Hasta el 30 %</p>
<p><b>f)</b> Valores emitidos por Sociedades de Inversión de Capitales (SINCAS), así como inversiones en Fondos de Inversión de Capital Privado y en Fideicomisos que tengan como propósito capitalizar a las empresas del país.</p>	<p>Hasta el 2 %</p>
<p><b>g)</b> Primas por cobrar de vida y deudor por primas de daños, accidentes y enfermedades.</p>	<p>Hasta el monto de la porción de la reserva de riesgos en curso correspondiente a riesgos retenidos que les dio origen</p>
<p><b>h)</b> Participación de reaseguradoras por riesgos en curso de daños, accidentes y enfermedades.</p>	<p>Hasta el monto de la reserva de riesgos en curso cedida a reaseguradoras registradas.</p>

**Por emisor o deudor:**

<b>Activos</b>	<b>Límites de Inversión</b>
<p><b>a)</b> Valores emitidos o respaldados por el gobierno federal.</p>	<p>Hasta el 100 %</p>
<p><b>a.1)</b> Valores emitidos o respaldados por organismos descentralizados, empresas de participación estatal mayoritaria, gobiernos estatales y municipales.</p> <p><b>a.1.1)</b> Valores con calificación que se encuentren en el rango aceptable.</p>	<p>Hasta el 3 %</p>

<p><b>a.1.2)</b> Valores con calificación que se ubiquen en el rango bueno.</p> <p><b>a.1.3)</b> Valores con calificación que se ubiquen en el rango alto.</p> <p><b>a.1.4)</b> Valores con calificación que se ubiquen en el rango sobresaliente.</p>	<p>En conjunto con el anterior, hasta 7 %</p> <p>En conjunto con los anteriores, hasta 12 %</p> <p>En conjunto con los anteriores, hasta 18 %</p>
<p><b>b)</b> Valores emitidos o respaldados por organismos financieros internacionales de los que México sea parte, así como inversiones llevadas a cabo por instituciones de crédito.</p> <p><b>b.1)</b> Valores e inversiones que se encuentren en el rango aceptable.</p> <p><b>b.2)</b> Valores e inversiones que se encuentren en el rango bueno.</p> <p><b>b.3)</b> Valores e inversiones que se encuentren en el rango alto.</p> <p><b>b.4)</b> Valores e inversiones que se encuentren en el rango sobresaliente.</p>	<p>Hasta 3 %.</p> <p>En conjunto con el anterior, hasta 7 %</p> <p>En conjunto con los anteriores, hasta 10 %</p> <p>En conjunto con los anteriores, hasta 18 %</p>
<p><b>c)</b> Títulos de deuda emitidos por empresas distintas a <b>a)</b>, <b>a.1)</b> y <b>b)</b>, incluye los vehículos de deuda, notas estructuradas de capital protegido e instrumentos bursatilizados colocados por un emisor independiente.</p> <p><b>c.1)</b> Valores que se encuentren en el rango aceptable.</p> <p><b>c.2)</b> Valores que se encuentren en el rango bueno.</p> <p><b>c.3)</b> Valores que se encuentren en el rango alto.</p> <p><b>c.4)</b> Valores que se encuentren en el rango sobresaliente.</p>	<p>Hasta 2 %.</p> <p>En conjunto con el anterior, hasta 4 %</p> <p>En conjunto con los anteriores, hasta 7 %</p> <p>En conjunto con los anteriores, hasta 10 %</p>
<p><b>d)</b> Valores de renta variable emitidos por empresas privadas, distintos a los señalados en los incisos <b>a)</b>, <b>a.1)</b> y <b>b)</b>, vehículos que replican índices accionarios.</p>	<p>Hasta 7 %</p>
<p><b>e)</b> Notas estructuradas de capital no protegido.</p>	<p>Hasta 5 %</p>
<p><b>f)</b> Certificados bursátiles.</p>	<p>Hasta 5 %</p>
<p><b>g)</b> En acciones de grupos, de instituciones o sociedades que por su actividad económica conforme a la clasificación de la BMV, constituyan riesgos comunes para la institución.</p>	<p>Hasta 10 %</p>
<p><b>h)</b> Acciones y valores emitidos por sociedades mercantiles o entidades financieras que por sus nexos patrimoniales con la institución de seguros constituyan riesgos comunes.</p>	<p>Hasta 5 %</p>

<b>i)</b> Acciones y valores emitidos avalado o aceptados por sociedades relacionadas entre sí.	Hasta 10 %
<b>j)</b> Valores emitidos por Sociedades de Inversión de Capitales (SINCAS), así como inversiones en fondos de inversión en capital privado.	Hasta 0.5 %, sin que rebase en conjunto con el inciso <b>d)</b> el 7 %.

Límites de inversión por tipo de valor y Límites de inversión por tipo de emisor. Fuente: Elaboración propia con datos de: CNSF, “REGLAS PARA LA INVERSIÓN DE LAS RESERVAS TÉCNICAS DE LAS INSTITUCIONES Y SOCIEDADES MUTUALISTAS DE SEGUROS”

“Es conveniente procurar la diversificación en el portafolio de inversión de las empresas para proporcionar la obtención de los mejores rendimientos financieros, con el objeto de reducir las probabilidades de insolvencia y flexibilizar los criterios de inversión para reconocer la naturaleza de liquidez de algunos activos, de acuerdo a las exigencias de las obligaciones, tanto en el corto como en el largo plazo.” (CNSF, Criterios Generales de Solvencia, Inversión de Reservas Técnicas, 2000)

Para asegurarnos de que una institución de seguros haya invertido correctamente, se determina el Índice de Cobertura de Reservas Técnicas, este se calcula dividiendo el total de las inversiones que respaldan las reservas técnicas entre el monto de las reservas. Cuando el índice es mayor o igual a uno, entonces las inversiones cubren las reservas técnicas y la institución mantiene recursos suficientes para respaldar sus obligaciones.

Con Solvencia II, las reglas para que una aseguradora pueda invertir serán diferentes. Se espera que el modelo aplicado para la Unión Europea también tenga efectos en el mercado mexicano de seguros (con sus respectivas limitantes) de tal manera que exista un riesgo accionario para las compañías aseguradoras en México. Es decir, en la actualidad sólo se está limitando la inversión pero el riesgo de mercado de los instrumentos de tipo accionario no se refleja directamente en un requerimiento de capital para las aseguradoras.

Se debe recordar que para el mercado europeo existen dos factores: el factor “Global” y el factor “Otros”. Lo que se propone en el presente trabajo es que para el mercado mexicano también existan estos factores, ajustándolos a las condiciones que el país lo requiera, y aplicándose de una manera semejante a lo que establece el QIS 5.

Para el caso mexicano, dado que no existe la obligación de tener un índice “global” ya que no es necesario acordarlo con varios países, se necesita encontrar un índice que sea un indicador de la volatilidad en el mercado accionario

de nuestro país.

### 3.1. Índice IPC

“El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) es el principal indicador del Mercado Mexicano de Valores; expresa el rendimiento del mercado accionario en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de Emisoras cotizadas en la bolsa, con base en las mejores prácticas internacionales.” (Grupo BMV, Nota Metodológica del Índice de Precios y Cotizaciones, IPC, 2012)

El Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, tiene las siguientes propiedades:

- La fórmula del IPC evalúa las trayectorias del mercado en general y facilita su reproducción en portafolios, sociedades de inversión y otros productos indizados.
- Mide el cambio diario del valor de capitalización de una muestra de valores accionarios.
- Se utiliza el valor de capitalización de las series accionarias, el cual otorga a cada una de ellas el valor de contribución que tendrán dentro de la muestra de acuerdo al tamaño de estas, es decir la ponderación es realizada con el valor total de capitalización de cada serie accionaria.
- Este índice afirma que las empresas que se toman para la muestra sean las de mayor negociación en la Bolsa Mexicana de Valores, por lo que busca que los índices tomados sean significativos en la ponderación y distribución de la muestra.
- El tamaño de la muestra es de 35 series accionarias y se contempla que la muestra sea representativa en cuanto al tamaño de mercado medido a través del valor de capitalización.
- La revisión de la muestra se lleva a cabo de forma anual.

El Índice de Precios y Cotizaciones es medido por la siguiente fórmula, la cual considera las 35 series accionarias de mayor bursatilidad, según el índice de bursatilidad de la BMV.

$$I_t = I_{t-1} \left( \frac{\sum P_{it} * (Q_{it} * FAF_i)}{\sum P_{it-1} * (Q_{it-1} * f_{it-1})} \right)$$

Donde:

$I_t$  = Índice del día  $t$ .

$P_{it}$  = Precio de la serie accionaria  $i$  el día  $t$ .

$Q_{it}$  = Acciones inscritas de la serie accionaria  $i$  el día  $t$ .

$FAF_i$  = Factor de ajuste por Acciones Flotantes<sup>1</sup> de la serie accionaria  $i$ .

$f_{it}$  = Factor de ajuste por ex-derechos de la serie accionaria  $i$  el día  $t$ . El termino ex-derechos se refiere a “el cambio en el número de acciones inscritas producto de un evento corporativo en los pesos relativos de las series accionarias dentro de la muestra, ya sea al momento de su rebalanceo periódico o al momento de su aplicación.” (BMV, Nota Metodológica del Índice de Precios y Cotizaciones IPC, 2012)

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

La gráfica 3.1 muestra el comportamiento diario del IPC durante el periodo de Noviembre de 1991 hasta Agosto del 2012.

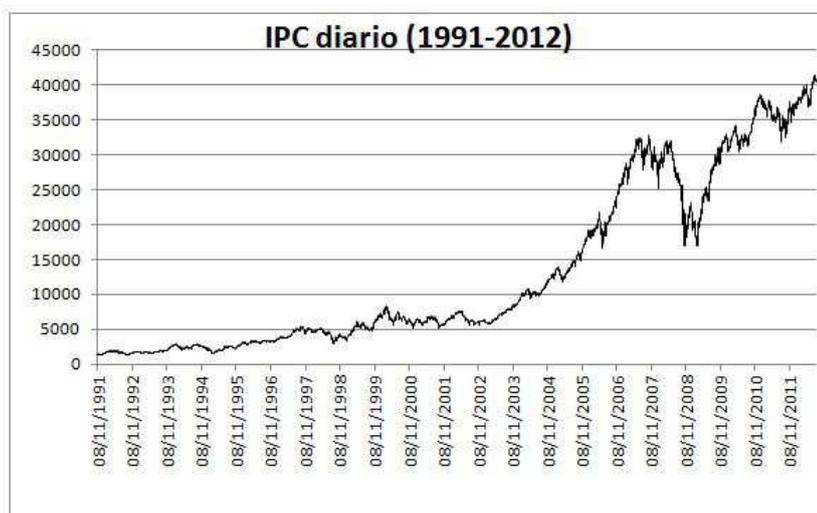


Figura 3.1: IPC diario de 1991-2012. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

Se puede notar que entre el periodo de tiempo de 2007 a 2009 hay un valle en la gráfica, para ser más exactos entre junio del 2007 y mediados del 2009. Es-

<sup>1</sup>Son las acciones que resulten de restar, al total de las acciones listadas en bolsa, las acciones que sean prioridad o sobre las que se tengan derechos.

te valle fue causado debido a la crisis producida por los créditos hipotecarios que afectaron fuertemente a la industria inmobiliaria y bancaria en Estados Unidos. Este colapso tuvo fuertes impactos en los mercados bursátiles. Varias industrias financieras dedicadas al mercado de las hipotecas inmobiliarias quebraron, así como varios bancos como consecuencia de esta crisis. Dentro del mercado asegurador la aseguradora AIG se vio fuertemente afectada a tal grado que llegó a la quiebra. Este problema tuvo tal efecto que los bancos centrales tuvieron que inyectar dinero en los bancos privados para proporcionar liquidez al sistema bancario. Esta crisis principalmente afectó a los países más desarrollados, y México por ser una economía emergente también sufrió las consecuencias de ésta.

Por otro lado, regresando al tema, en la gráfica 3.2 se muestra el rendimiento del Índice de Precios y Cotizaciones para ver la variación que hubo en los precios diarios de este índice.

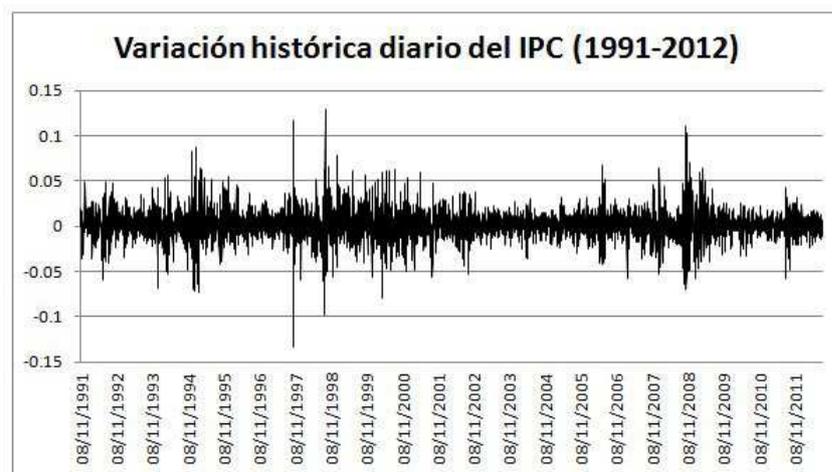


Figura 3.2: Variación diaria del IPC 1991-2012. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

### 3.1.1. Aplicación del VAR por el método Monte Carlo para el IPC

Una vez que se tiene un indicador que refleja al mercado accionario mexicano se procede a calcular un factor “global” para el riesgo accionario utilizando la siguiente metodología:

- Se tomó en cuenta la información mensual disponible desde el año 1991 al mes de agosto del 2012, con datos del Banco de México.
- Se considerará un horizonte de proyección de 1 año.
- Para la generación de los escenarios se consideró utilizar el modelo estocástico Movimiento Geométrico Browniano, siguiendo la metodología del VAR por el método Monte Carlo.
- Se considerarán 100,000 escenarios estocásticos a través de un año.

Es decir, lo que se hará es calcular el VAR por el método de Monte Carlo estructurado tomando como índice de referencia el IPC con un horizonte de tiempo de un año y un nivel de confianza del 99.5 %, utilizando 100,000 simulaciones para mayor precisión.

Estos ejercicios se realizarán utilizando las series mensuales de los siguientes rangos de tiempo:

- Serie histórica, 1991 - agosto 2012
- Del 2007 a agosto del 2012.
- De 2007 a junio del 2009.
- Junio del 2009 a agosto del 2012.

La razón por la cual se escogieron estos rangos de fechas fue porque, como se dijo anteriormente, en el periodo de 2007 a mediados del 2009 hubo una crisis que impacto fuertemente en la economía nacional, la crisis del 2008, por lo que hay un efecto catastrófico en este periodo. Se toma el último rango de tiempo en comparación con los anteriores ya que en este lapso de tiempo (el final de la crisis) hubo un crecimiento en la economía nacional, toma parte de la crisis y tiene la volatilidad más actual del IPC.

Para la realización de las simulaciones se utilizó el programa R-project, el cual dio los siguientes resultados:

## Serie Completa del IPC (1991- agosto 2012)

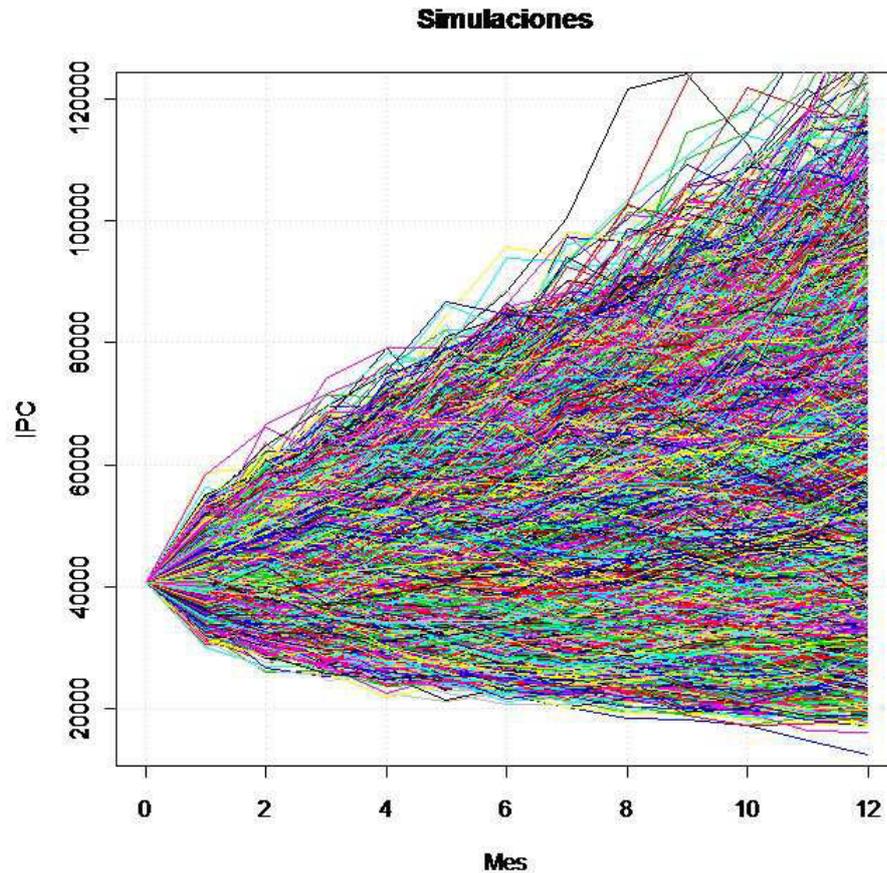


Figura 3.3: 100,000 simulaciones del IPC con horizonte de tiempo a 12 meses. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

La gráfica 3.3 nos muestra las posibles trayectorias hechas por el índice de precios y cotizaciones, estas simulaciones tratan de abarcar todos los posibles resultados que pudieran surgir en el futuro. El escenario que se tomó como escenario base fue el precio del IPC con fecha del 01 de agosto del 2012 el cual fue de: **40,792.59**.

La gráfica 3.4 muestra la distribución del rendimiento de los precios esperados para el doceavo mes, es decir para el horizonte de tiempo objetivo.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

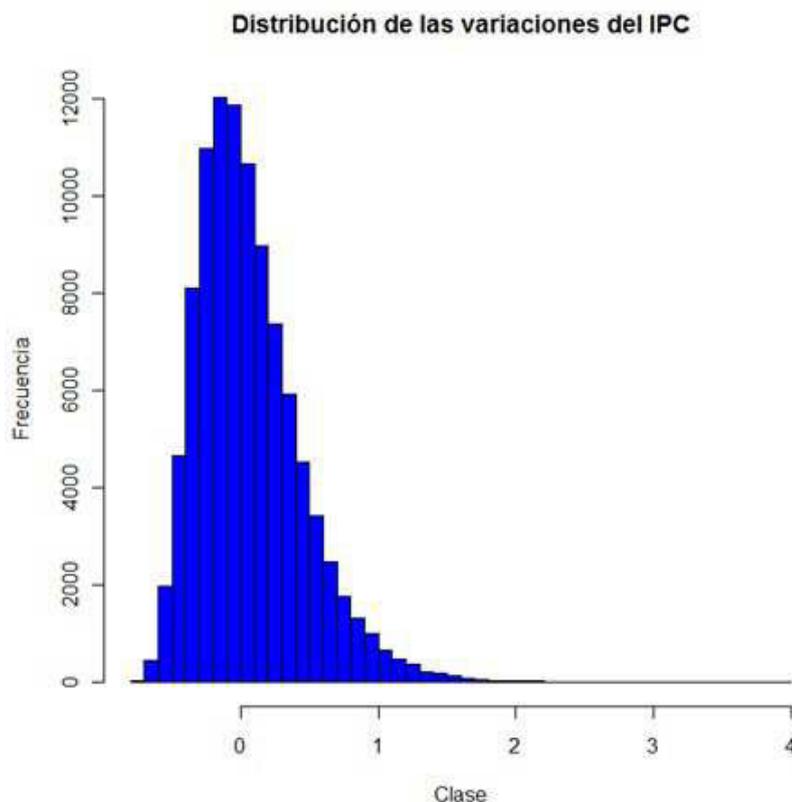


Figura 3.4: Distribución de las variaciones del IPC de 1991-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

---

Percentil al 99.5 % = **-59.38 %**  
 Escenario base IPC = **40,792.59**  
 Escenario IPC límite inferior = **15,290.01**

---

Estos resultados se obtuvieron tomando en cuenta toda la serie histórica del IPC, a continuación se utilizará del periodo de 2007 al 2012 para ver el efecto que podría llegar a tener en el índice.

### **Serie del IPC 2007- agosto 2012**

Haciendo las 100,000 simulaciones y obteniendo los rendimientos para el horizonte objetivo, la gráfica 3.5 muestra las distribuciones resultantes.

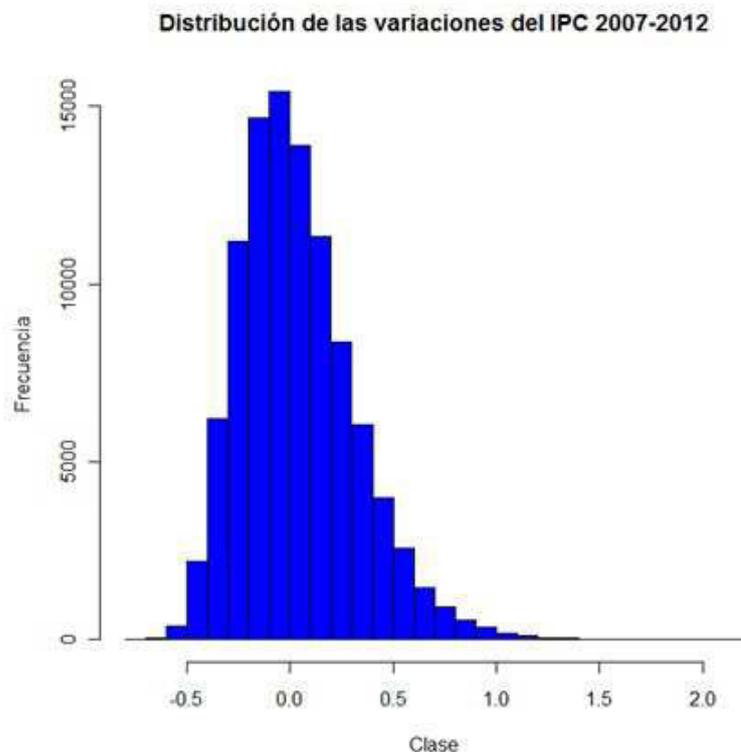


Figura 3.5: Distribución de las variaciones del IPC 2007-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México

Los resultados obtenidos de 100,000 simulaciones, tomando en cuenta el periodo de tiempo de 2007 a agosto del 2012 son:

---

Percentil al 99.5 % = <b>-49.34 %</b>
Escenario base IPC = <b>40,792.59</b>
Escenario IPC límite inferior = <b>16,350.12</b>

---

Estos resultados son concordantes con el análisis ya que usando la serie completa, se puede observar que del periodo de 1991 a 2005 el IPC no sobrepasaba las 15,000 unidades, por lo que su variabilidad va a ser mayor dando resultados mayores para el percentil al 99.5 %. Aun así, el percentil al 99.5 % para la serie del 2007 al 2012 es demasiado alto. Lo que es de esperarse, es que para el rango de tiempo del 2007 a junio de 2009 el percentil al 99.5 % sea menor a la consecuente y para el rango de junio de 2009 a agosto de 2012 el percentil sea todavía más bajo que los anteriores y el límite inferior sea mucho más alto. Se comprobarán si las hipótesis son ciertas.

### Serie del IPC 2007- junio 2009

En este rango de tiempo en particular existe un evento catastrófico, es decir es el tiempo en el cual hubo una recesión en los países industrializados y en desarrollo, lo que hizo que los índices se desplomaran y la economía se viera afectada.

En este rango de tiempo se podrá visualizar un shock en los índices que se van a ver reflejados en el percentil al 99.5 % y en el límite inferior proyectado.

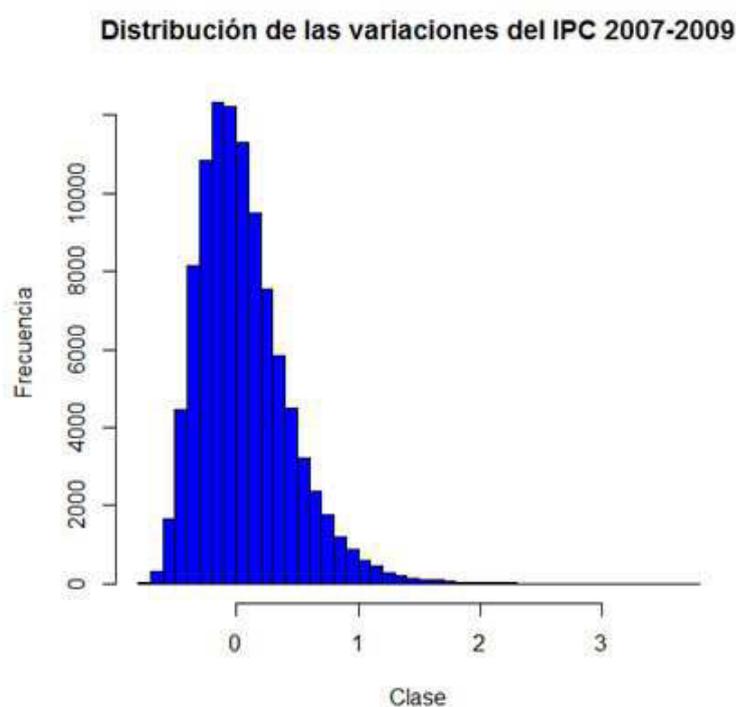


Figura 3.6: Distribución de las variaciones del IPC 2007-junio 2009. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

---

Percentil al 99.5 % = **-58.40 %**  
Escenario base IPC = **24,368.38**  
Escenario IPC límite inferior = **8,042.431**

---

### Serie del IPC, junio 2009 - agosto 2012

Esta serie de tiempo toma en cuenta el término de la recesión y la volatilidad actual. El histograma de los rendimientos esperados, junto con los resultados obtenidos son los que siguen a continuación:

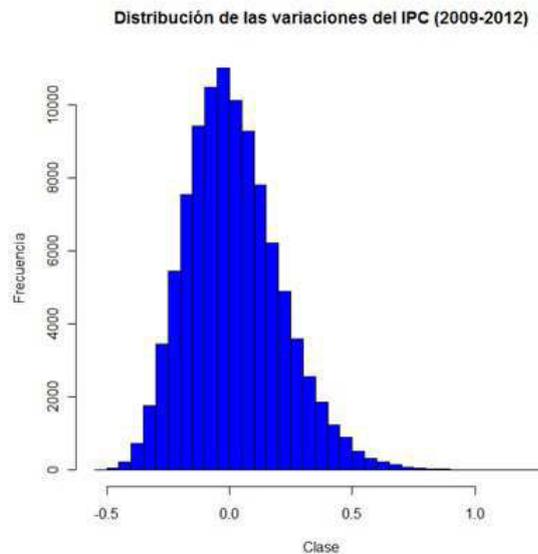


Figura 3.7: Distribución de las variaciones del IPC junio 2009-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

---

Percentil al 99.5 % = <b>-37.93 %</b>
Escenario base IPC = <b>40,792.59</b>
Escenario IPC límite inferior = <b>26,219.87</b>

---

Se puede ver que las hipótesis son ciertas, de 2007 a 2009 existe un decremento en el percentil al 99.5 % de confianza (hay un shock catastrófico) lo que hace que la volatilidad sea mayor. Estos resultados se pueden visualizar mejor en la tabla 3.8.

En la tabla 3.8 es fácil ver cómo mientras mayor sea la volatilidad, el percentil va a ser mayor y el escenario extremo del IPC va a ser menor. Esto es de esperarse teniendo en cuenta que mientras más volátil sea un instrumento mayor riesgo de inversión hay.

Escenario	Volatilidad $\sigma$	Percentil al 99.5%	Escenario IPC límite inferior
IPC 1991 – agosto 2012	<b>7.49%</b>	<b>-59.38%</b>	<b>15,290.01</b>
IPC 2007 - agosto 2012	<b>5.61%</b>	<b>-49.34%</b>	<b>16,350.12</b>
IPC 2007 - junio 2009	<b>7.19%</b>	<b>-58.40%</b>	<b>8,042.431</b>
IPC junio 2009 – agosto 2012	<b>3.98%</b>	<b>-37.93%</b>	<b>26,219.87</b>

Figura 3.8: Tabla de resultados IPC. Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

### 3.2. Índice Ishares MSCI World

Lo anterior fue para el caso en que las compañías aseguradoras inviertan en acciones del mercado mexicano, factor “global”. El factor “otros” se determina observando distintos índices que representen al mercado de renta variable externo, o cuando sea el caso de inversiones alternativas como hedge funds o sociedades de inversión, teniendo en cuenta que en la actualidad las instituciones de seguros y fianzas pueden invertir en el segmento del sistema Internacional de Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores.

Para el factor “otros” se tomaron en cuenta los siguientes índices:

- Ishares MSCI World<sup>2</sup> (Índice mensual de 2005-2012)
- Índices de Sociedades de Inversión (ISI).

El índice Ishares MSCI World es un índice que comprende 1500 acciones de todo el mundo, este índice del mercado accionario es frecuentemente utilizado como benchmarking<sup>3</sup> de portafolios accionarios globales.

Este índice incluye una muestra de acciones de los 23 países más desarrollados en el mundo, teniendo como característica que excluyen mercados emergentes. Este índice actúa como un fondo de inversión (ETF<sup>4</sup>), el cual proporciona

<sup>2</sup>Morgan Stanley Capital International (MSCI)

<sup>3</sup>Este término se refiere a lograr comportamientos competitivos en la oferta de los mercados y consiste en la comparación del desempeño de las empresas, a través de la métrica por variables, indicadores y coeficientes.

<sup>4</sup>Exchange-Traded Found, Fondos de Inversión.

una diversificación a una cartera construida con valores europeos y del Reino Unido. Se puede utilizar para obtener una exposición más amplia de acciones en el resto del mundo. Los índices de acciones internacionales del MSCI se aplican uniformemente a través de distintos mercados geográficos y de sectores, lo que lo convierte en un índice ideal para su uso en un amplio espectro de estrategias de inversión.

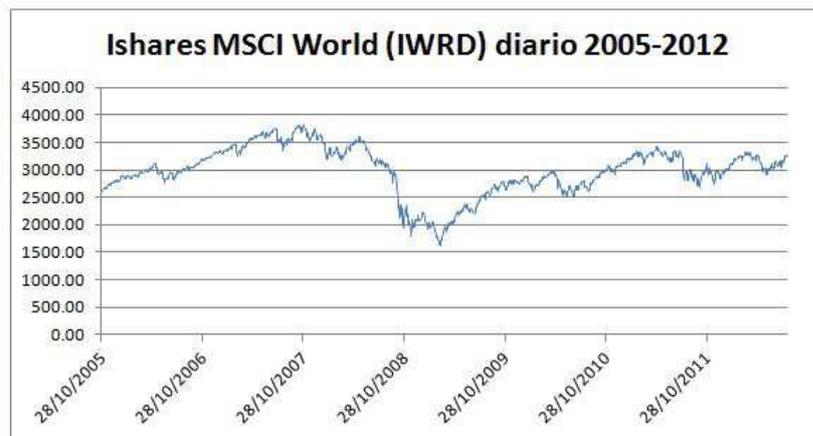


Figura 3.9: IWRD diario 2005-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com>

En la gráfica 3.9 se observó el precio del índice desde su creación hasta agosto del 2012. El rendimiento diario de este índice se puede visualizar en la gráfica 3.10.

### 3.2.1. Aplicación del VAR por el método Monte Carlo para el Ishares MSCI World

De la misma manera que con el Índice de Precios y Cotizaciones, se establecerán cuatro rangos de fechas importantes para el análisis. Los rangos de fechas a escoger son los mismos que los del IPC, con la diferencia de que para la serie histórica sólo se tienen datos a partir del 2005. Los rangos de fechas son:

- Serie histórica, 2005 - agosto 2012
- Del 2007 a agosto del 2012.



Figura 3.10: Variación diaria IWRD 2005-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com>

- Del 2007 a junio del 2009.
- Junio de 2009 a agosto del 2012.

De manera similar como se hizo con el IPC, las series tomadas son series mensuales y haciendo uso del VAR por el método Monte Carlo estructurado, se realizaron 100,000 simulaciones en un horizonte de tiempo a un año.

### **Serie Completa del Ishares MSCI World, IWRD (2005 - agosto 2012)**

Una vez hechas las simulaciones, la distribución de las variaciones proyectadas dieron como resultados las siguientes gráficas junto con los siguientes parámetros:

---

Percentil al 99.5 % = <b>-52.17 %</b>
Escenario base del índice Ishares MSCI World = <b>3,160.54</b>
Escenario Ishares MSCI World límite inferior = <b>1,291.39</b>

---

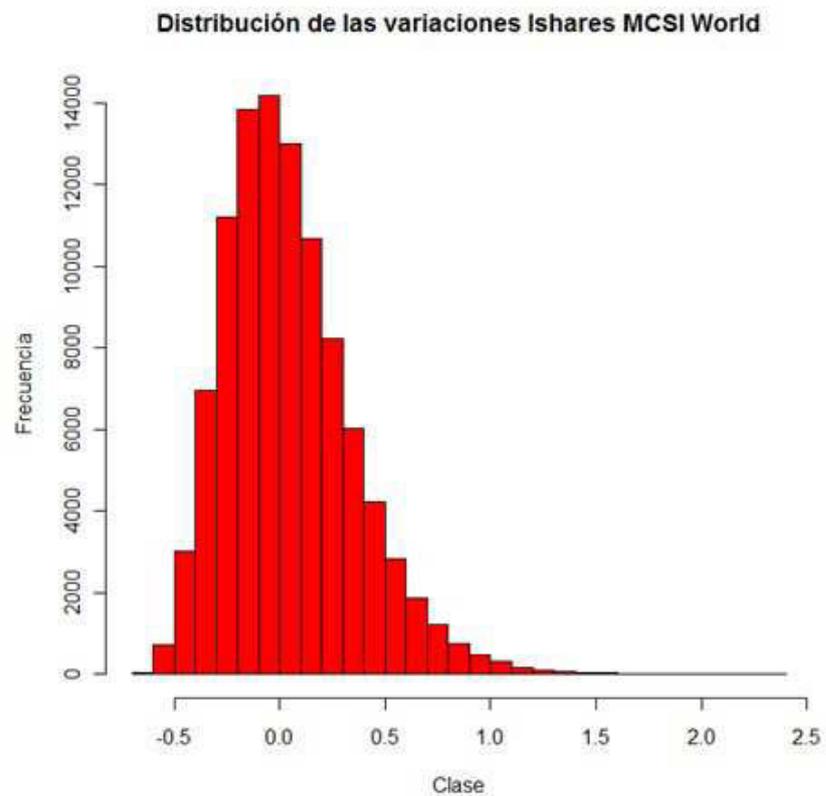


Figura 3.11: Distribución de las variaciones Ishares 2005-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com/>

**Serie del Ishares MSCI World 2007 - agosto 2012**

---

Percentil al 99.5 % = **-55.11 %**

Escenario base del índice Ishares MSCI World = **3,160.54**

Escenario Ishares MSCI World límite inferior = **1,051.45**

---

**Distribución de las variaciones Ishares MSCI World (2007-2012)**

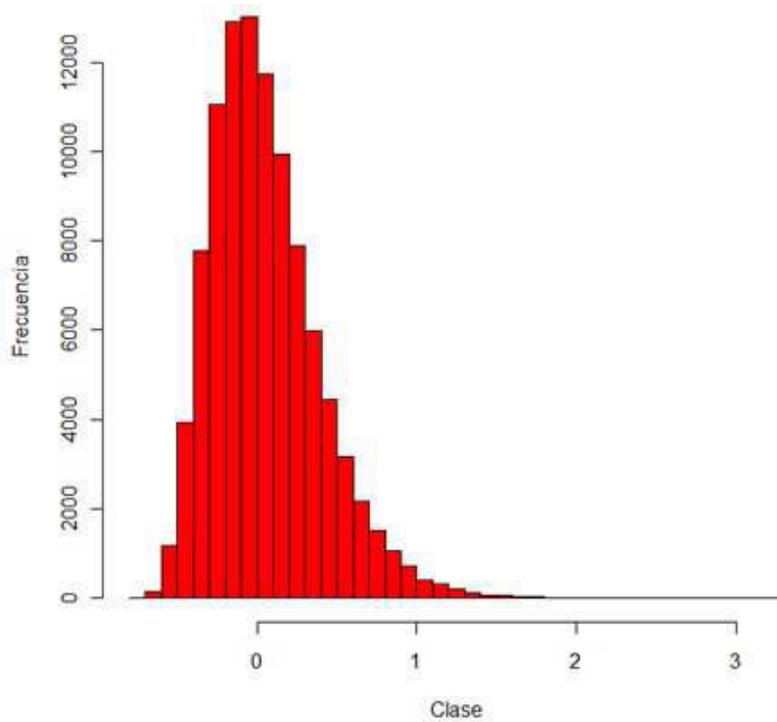


Figura 3.12: Distribución de las variaciones Ishares 2007-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com>

### **Serie del IShares MSCI World 2007 - junio 2009**

Teniendo en cuenta que sólo se tomaron los precios de los índices de 2007 a junio del 2009 tenemos los siguientes resultados:

---

Percentil al 99.5 % = <b>-62.12 %</b>
Escenario base del índice Ishares MSCI World = <b>2,356.05</b>
Escenario Ishares MSCI World límite inferior = <b>472.004</b>

---

**Distribución de las variaciones Ishares MSCI World (2007-2009)**

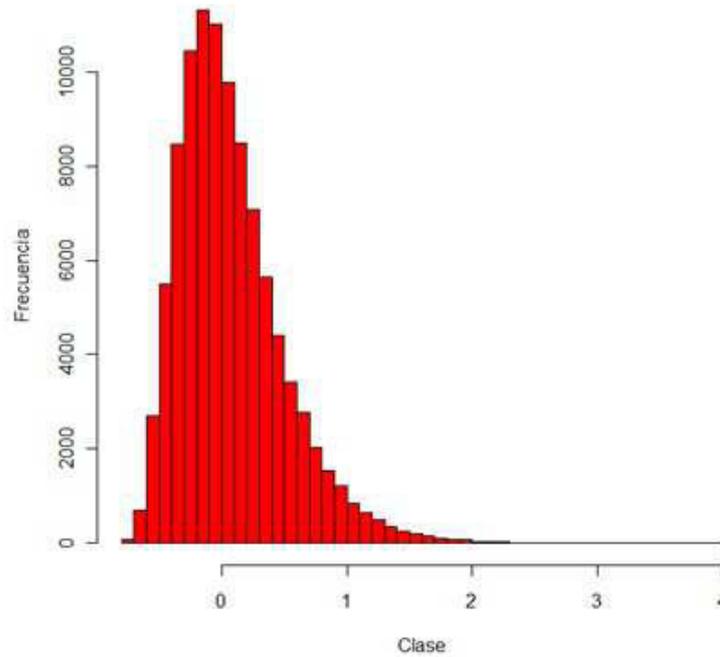


Figura 3.13: Distribución de las variaciones Ishares 2007-junio 2009. Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com>

Se hace notar que a diferencia del IPC, tomando este rango de fechas, el percentil al 99.5 % es mayor que para la serie histórica completa. Esto se debe a que el índice es relativamente nuevo y su volatilidad es mayor que para los casos anteriores (debido a la crisis del 2008). Aquí podemos notar un efecto catastrófico en nuestros resultados. En este caso el valor del índice anteriormente al 2008, está alrededor de las 2,500 y 4,000 unidades, por lo que tomando en cuenta el rango de fechas a partir del 2007 al 2009, el valor del índice se desplomó hasta las 1,600 unidades haciendo que haya una mayor volatilidad y el shock catastrófico sea más notorio.

### **Serie del Ishares MSCI World, junio 2009 - agosto 2012**

Las hipótesis para este rango de tiempo al igual que en el caso del IPC, es que el percentil al 99.5 % de confianza va a ser menor en comparación al caso anterior y al caso de la serie completa y su límite inferior va a ser mayor.

Los resultados son los siguientes:

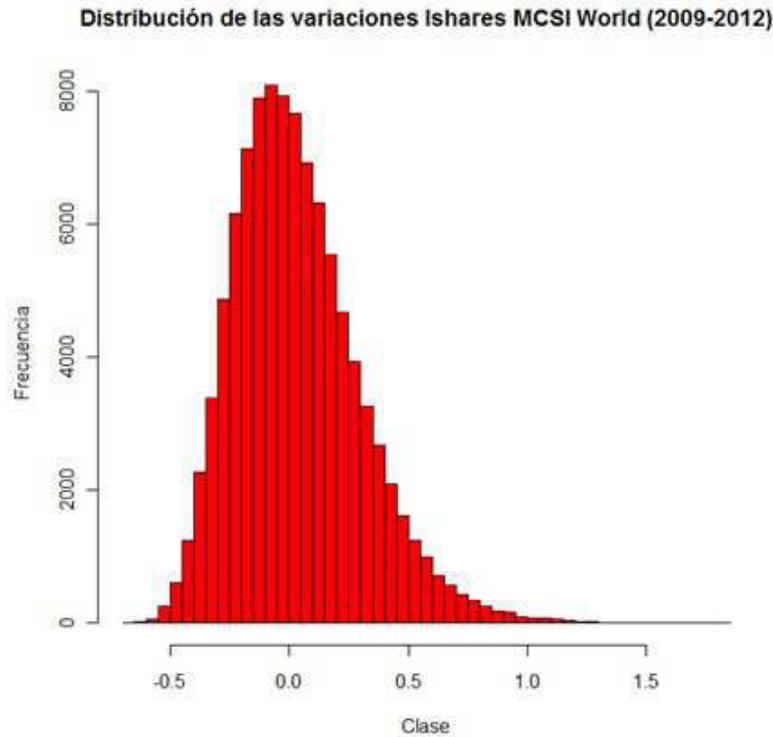


Figura 3.14: Distribución de las variaciones Ishares junio 2009-agosto 2012.  
Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com>

---

Percentil al 99.5 % = <b>-48.03 %</b>
Escenario base del índice Ishares MSCI World = <b>3,160.54</b>
Escenario Ishares MSCI World límite inferior = <b>1,602.24</b>

---

Como se puede observar las hipótesis son correctas, tomando el intervalo de tiempo de junio de 2009 a agosto del 2012, las simulaciones dan resultados “positivos”, es decir, el cuantil al 99.5 % es menor y el escenario límite inferior es mayor en comparación con los otros resultados.

Un resumen de las soluciones obtenidas se pueden visualizar en la tabla 3.15.

Escenario	Volatilidad $\sigma$	Percentil al 99.5%	Escenario Ishares MSCI World límite inferior
Ishares MSCI World 2005 – agosto 2012	<b>6.15%</b>	<b>-52.17%</b>	<b>1,291.39</b>
Ishares MSCI World 2007 – agosto 2012	<b>6.72%</b>	<b>-55.11%</b>	<b>1,051.45</b>
Ishares MSCI World 2007 – junio 2009	<b>8.13%</b>	<b>-62.12%</b>	<b>472.004</b>
Ishares MSCI World junio 2009 – agosto 2012	<b>5.39%</b>	<b>-48.03%</b>	<b>1,602.24</b>

Figura 3.15: Tabla de resultados Ishares MSCI World. Fuente: Elaboración propia con datos de <http://mx.ishares.com>

Al igual que en el caso del IPC y para todos los casos que se deseen tomar, mientras mayor sea la volatilidad mayor va a ser el percentil al 99.5% y menor va a ser el escenario límite inferior. En este caso se nota que el efecto catastrófico es significativamente alto en comparación con los otros rangos de tiempo.

### 3.3. Índice de Sociedades de Inversión

También, para el factor “Otros” se tomará el Índice de Sociedades de Inversión (ISI).

Una sociedad de Inversión es lo mismo que un fondo de inversión, y los fondos de inversión son sociedades privadas de inversionistas cuyo principal objetivo es buscar altos rendimientos. Estos fondos son menos regulados y libres de operar en una amplia variedad de mercados utilizando un gran número de estrategias con diferentes grados de apalancamiento y riesgo.

“Cada acción de una sociedad de inversión está compuesta por una parte proporcional de los valores en los cuales se invierte. Por ejemplo, si se compró una acción de algún fondo de inversión, se está comprando una cartera integrada por diversos instrumentos de inversión.” (Fuente: Más Fondos, ¿Qué son los fondos de inversión?, 2012)

Los índices obtenidos, los Índices de Sociedades de Inversión (ISI), siguen el comportamiento de los precios de los fondos de inversión, específicamente los que se invierten en instrumentos de deuda. Estos índices se pueden obtener de la Bolsa Mexicana de Valores pero con la limitante de que no son de acceso público para los usuarios en general. En cambio, existen Índices de Sociedades de Inversión que son de acceso público y sirven también como referencia a los ISI. Estos índices se obtuvieron del sistema ARYES de Más Fondos.

ARYES, es el Sistema de Análisis de Riesgos y Evaluación de Sociedades de Inversión y fue desarrollado para ofrecer información de referencia del mercado de fondos para el análisis comparativo de sociedades de inversión en el mercado mexicano.

Existen dos tipos de sociedades de inversión: las SI de renta fija (Mercado de Deuda) y las SI de renta variable (Mercado Accionario). Se utilizó un índice que tiene portafolios de Sociedades de Inversión con ambas características, este índice es el ISIPM.

En la gráfica 3.16 se muestra el precio histórico del índice desde el primero de marzo del 2002, hasta 17 de Agosto de 2012.

El rendimiento diario queda expresado en la gráfica: 3.17

Se puede notar que este índice es muy estable, es decir, su volatilidad es demasiado pequeña y no sorprendería que estuviera por debajo del 1%.

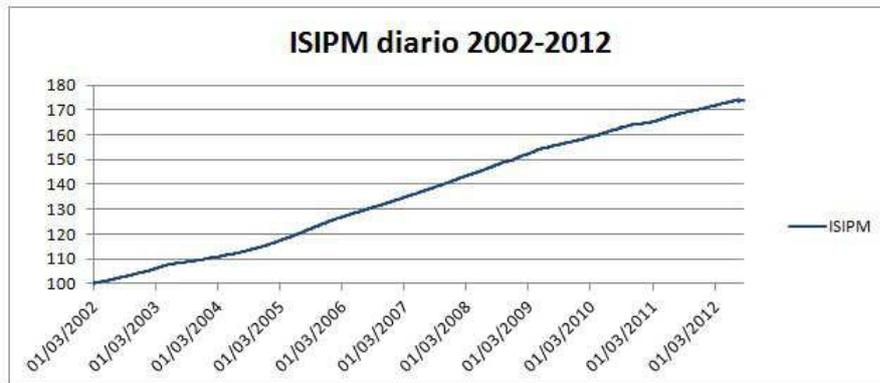


Figura 3.16: ISIPM diario 2002-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.



Figura 3.17: Variación diaria ISIPM 2002-2012. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.

### 3.3.1. Aplicación del VAR por el método Monte Carlo para el ISI

Ya teniendo el índice, se procede a hacer las simulaciones. Estas simulaciones se harán tomando en cuenta la serie histórica mensual de ISIPM, tomando como horizonte de tiempo el año y el número de trayectorias simuladas será de 100,000.

De la misma manera como se hizo con el IPC y el índice Ishares MSCI World, se tomarán los siguientes rangos de tiempo:

- Serie histórica, 2002 - agosto 2012.
- Del 2007 a agosto del 2012.
- Del 2007 a junio del 2009.
- Junio de 2009 a agosto del 2012.

Aunque se están tomando cuatro rangos de fechas diferentes. Una de las hipótesis que se están formulando es que el percentil al 99.5% de confianza y el límite inferior de las trayectorias simuladas en los diferentes lapsos de tiempo van a ser muy similares, esto se puede intuir de la gráfica histórica y de la variación histórica. El comportamiento de los precios en la gráfica histórica es casi lineal, aunque este no lo sea, y la variación es casi cero debido a que los precios no cambian mucho. Esto se debe a que una Sociedad de Inversión re-balancea su cartera con el objetivo de recomponerse y alzar sus objetivos estratégicos en caso de que vaya perdiendo. Es decir, una SI no es estática, su composición va evolucionando a lo largo del tiempo, es por esto que el índice tiene una tendencia creciente.

### **Serie Completa ISIPM (2002- agosto 2012)**

La gráfica 3.18 muestra las 100,000 simulaciones realizadas para el Índice de Sociedades de Inversión de Plazo Mediano (ISIPM)

Se puede observar que estas simulaciones en comparación con las simulaciones del IPC tienen un comportamiento diferente. Este comportamiento es creciente y la amplitud que podrían abarcar las simulaciones es reducida. Esto se debe a la naturaleza del índice, es decir, este índice tiene una volatilidad casi cero, lo que hace que no haya tanta amplitud y tenga un comportamiento guiado por la tendencia que en particular hace que las simulaciones sean crecientes. Los resultados obtenidos y la distribución de los rendimientos esperados quedan expresados de la siguiente manera y en la gráfica 3.19.

---

Percentil al 99.5% = <b>-1.713%</b>
Escenario base del índice ISIPM = <b>173.73</b>
Escenario ISIPM límite inferior = <b>179.45</b>

---

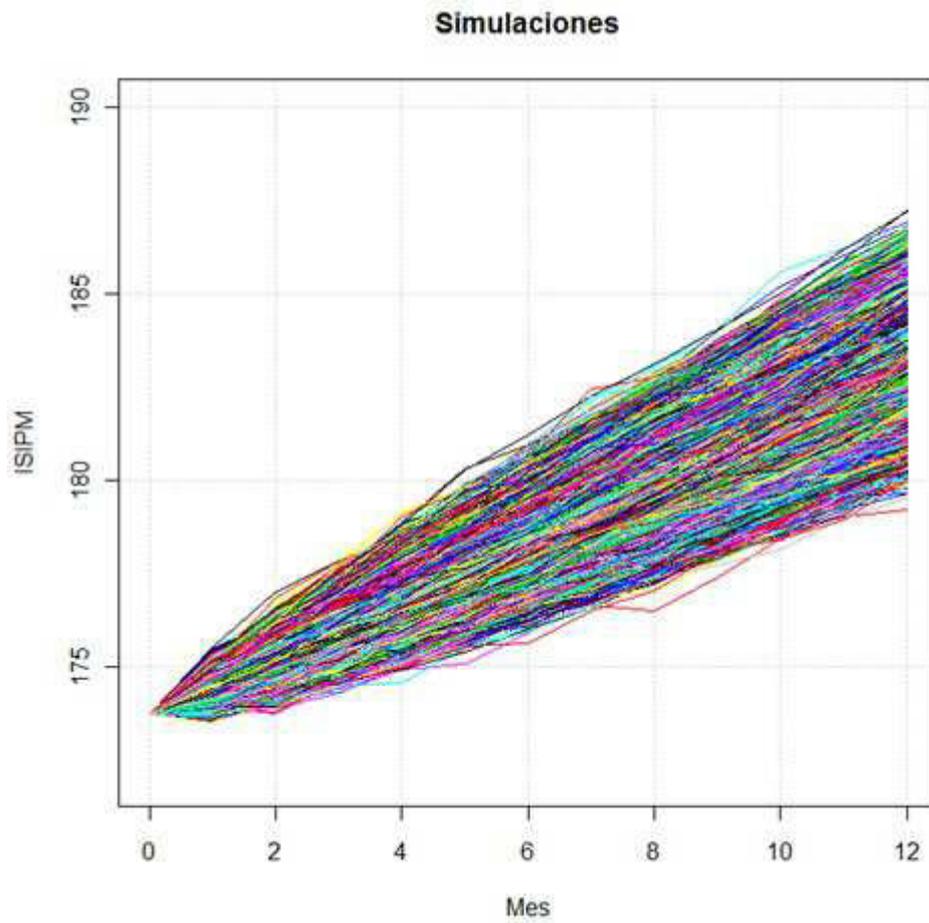


Figura 3.18: 100,000 simulaciones ISIPM con horizonte de tiempo a 12 meses.  
Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES

Estos datos son concordantes teniendo en cuenta que nuestros escenarios son crecientes y que la volatilidad es de **0.1426 %**.

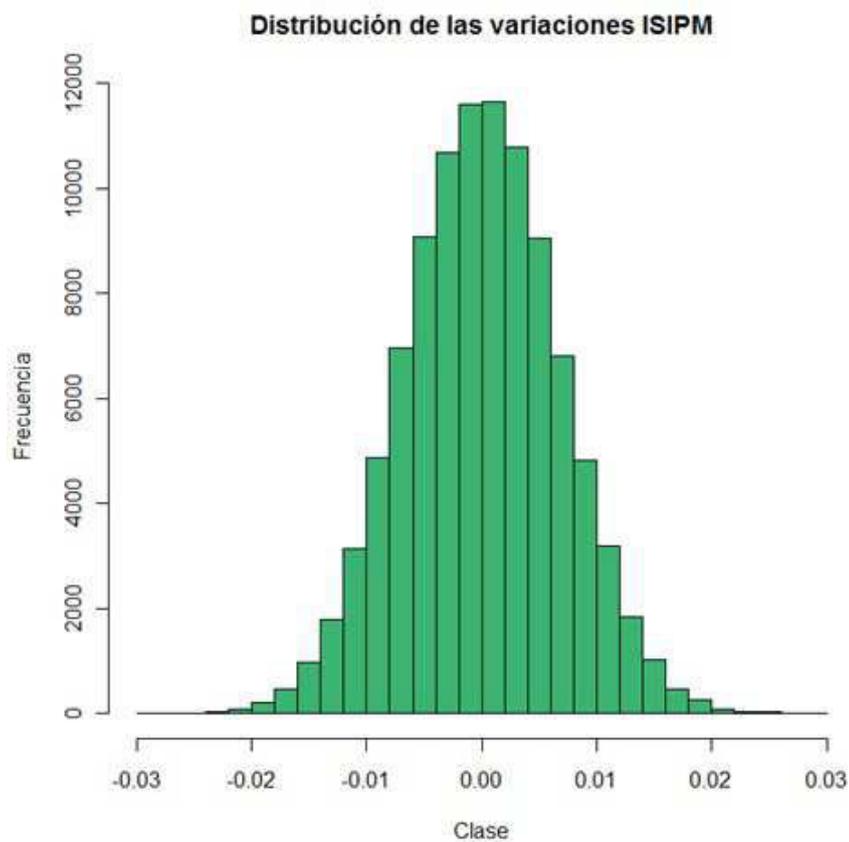


Figura 3.19: Distribución de las variaciones ISIPM 2002-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.

### Serie del ISIPM 2007 - agosto 2012

La gráfica 3.20 muestra los rendimientos esperados para la serie de los precios del 2007 a agosto del 2012.

Los resultados obtenidos son los que a continuación se presentan:

---

Percentil al 99.5 % = <b>-1.61 %</b>
Escenario base del índice ISIPM = <b>173.73</b>
Escenario ISIPM límite inferior = <b>178.61</b>

---

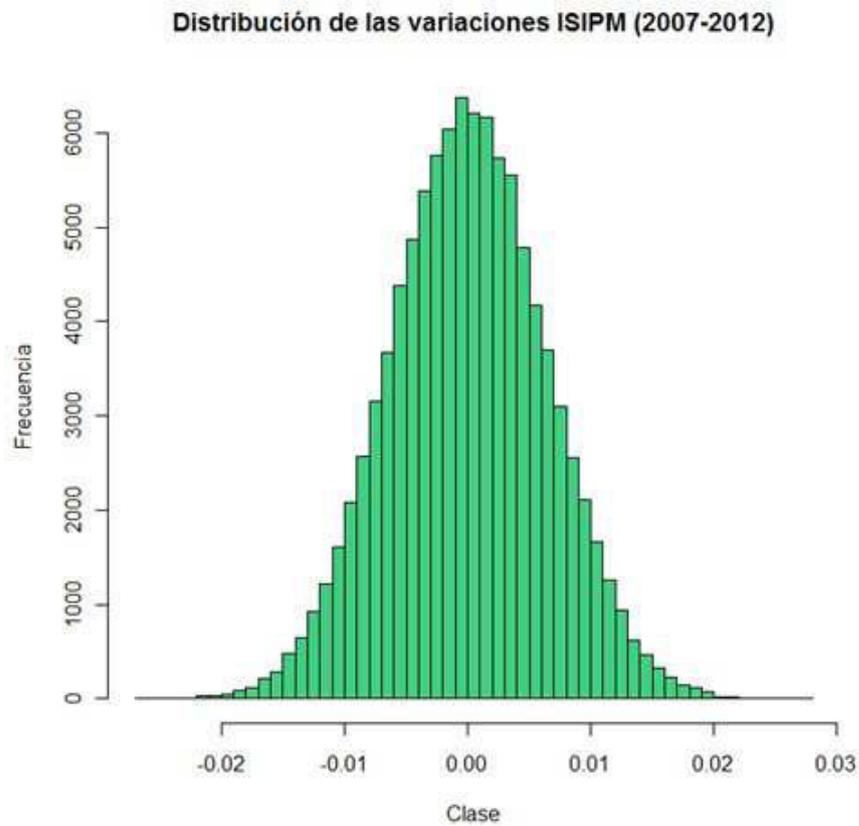


Figura 3.20: Distribución de las variaciones ISIPM 2007-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.

Como se puede ver, estos los datos son muy similares a los anteriores, faltaría ver para los siguientes casos para concluir si las hipótesis son verdaderas.

### Serie del ISIPM 2007 - junio 2009

Los resultados de tomar este rango de tiempo son:

---

Percentil al 99.5 % = <b>-0.901 %</b>
Escenario base del índice ISIPM = <b>154.60</b>
Escenario ISIPM límite inferior = <b>162.63</b>

---

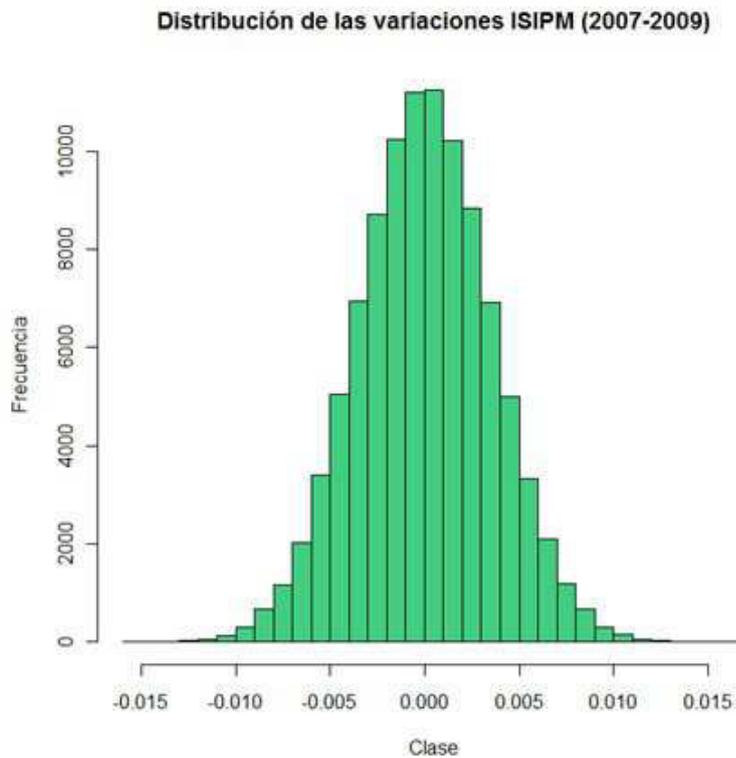


Figura 3.21: Distribución de las variaciones ISIPM 2007-junio 2009. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.

A pesar de que se está tomando el rango de tiempo en el cual debería de haber un shock catastrófico, con este índice y con este rango de tiempo salen resultados totalmente diferentes aunque son muy parecidos a los demás escenarios de este mismo índice. Esto se debe en gran parte a la naturaleza del índice.

### **Serie del ISIPM junio 2009 - agosto 2012**

Obteniendo las simulaciones correspondientes al rango de tiempo de junio de 2009 a agosto de 2012, los resultados son los siguientes:

---

Percentil al 99.5 % = <b>-1.21 %</b>
Escenario base del índice ISIPM = <b>173.73</b>
Escenario ISIPM límite inferior = <b>177.49</b>

---

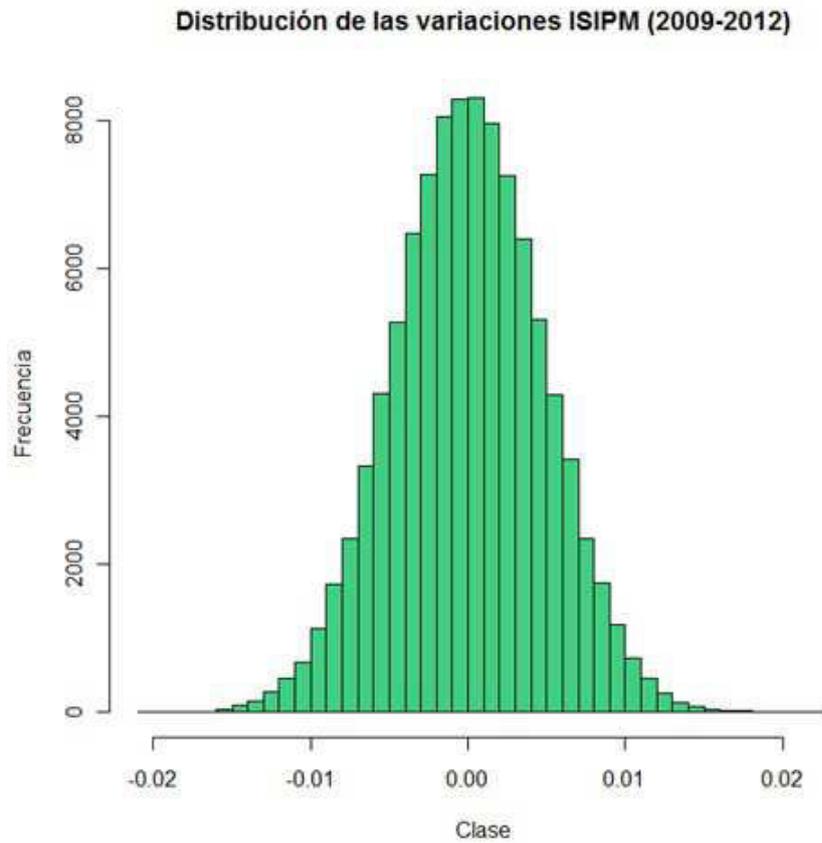


Figura 3.22: Distribución de las variaciones ISIPM junio 2009-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.

La tabla 3.23 muestra los resultados obtenidos en los diferentes casos. Se puede visualizar que para cada rango de tiempo la volatilidad es distinta dando como consecuencia resultados diferentes, por pequeños que sean.

Como se pensó en las hipótesis el percentil al 99.5% de confianza para los distintos tiempos no varía mucho, a lo más varía un punto porcentual de los demás. Los límites inferiores, también, no sufren muchos cambios.

Escenario	Volatilidad $\sigma$	Percentil al 99.5%	Escenario ISIPM límite inferior
ISIPM 2002 – agosto 2012	<b>0.1426%</b>	<b>-1.713%</b>	<b>179.45</b>
ISIPM 2007 – agosto 2012	<b>0.135%</b>	<b>-1.61%</b>	<b>178.61</b>
ISIPM 2007 – junio 2009	<b>0.0751%</b>	<b>-0.901%</b>	<b>162.63</b>
ISIPM junio 2009 – agosto 2012	<b>0.101%</b>	<b>-1.21%</b>	<b>177.49</b>

Figura 3.23: Tabla de resultados ISIPM. Fuente: Elaboración propia con datos de ARYES.

Un dato curioso que sucede en estos escenarios (ISIPM) en comparación con los otros índices utilizados (IPC y Ishares MSCI World) es que los escenarios del límite inferior proyectado son mayores que el escenario base. Esto no sucede en los casos anteriores. Una vez más es debido a la volatilidad y a la tendencia, en estos casos la volatilidad siempre es menor al 0.2% lo que hace que los índices no sufran muchos cambios y por lo tanto el escenario inferior proyectado al horizonte objetivo sea mayor en todos los casos.

A continuación se presenta un cuadro resumen de los diferentes índices utilizados, con los diferentes rangos de tiempo que se tomaron en cuenta.

Índice	Histórico		2007-agosto 2012		2007-junio 2009		2009-agosto2012	
	Límite inferior	Cuantil 99.5%						
IPC	<b>15,290.01</b>	<b>-59.38%</b>	<b>16,350.12</b>	<b>-49.34%</b>	<b>8,042.431</b>	<b>-58.40%</b>	<b>26,219.87</b>	<b>-37.93%</b>
Ishares MSCI World	<b>1,291.39</b>	<b>-52.17%</b>	<b>1,051.45</b>	<b>-55.11%</b>	<b>472.004</b>	<b>-62.12%</b>	<b>1,602.24</b>	<b>-48.03%</b>
ISIPM	<b>179.45</b>	<b>-1.713%</b>	<b>178.61</b>	<b>-1.61%</b>	<b>162.63</b>	<b>-0.901%</b>	<b>177.49</b>	<b>-1.21%</b>

Figura 3.24: Tabla de resultados. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México, Ishares y ARYES.

En el cuadro resumen 3.24 se pone en evidencia que el VAR depende del periodo de tiempo que se toma en cuenta como los parámetros del proceso. Es decir para poder obtener el VAR, lo que se hizo fue: Primero, especificar un proceso estocástico para variables financieras, se establecieron los parámetros del proceso derivados de los datos históricos. Segundo se simularon varios caminos de precios ficticios para todas las variables de interés. Se consideró un horizonte de tiempo que constaba de 12 meses, cada una de estas pseudo realizaciones es utilizada para compilar una distribución de rendimientos con la cual se obtuvo el VAR.

Como propuesta final se sugiere tomar el rango de tiempo de 2009 a agosto del 2012 por los siguientes motivos: toma en cuenta parte de la crisis del 2008 y también abarca la volatilidad más reciente.

Índice utilizado	IPC	Ishares MSCI World	ISIPM
Percentil al 99.5%	<b>-37.93%</b>	<b>-48.03%</b>	<b>-1.21%</b>
Límite inferior	<b>26,219.87</b>	<b>1,602.24</b>	<b>177.49</b>

Figura 3.25: Tabla de resultados 2009-agosto 2012. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México, Ishares y ARYES.

### 3.4. Ejercicio práctico del QIS 5

Ya que se cuenta con las factores de volatilidades estresadas para el caso mexicano, lo que dice el QIS 5 es que el Requerimiento de Capital de Solvencia para el Riesgo Accionario se deriva de la combinación de requerimientos de capital para las categorías individuales usando la matriz de correlación y la siguiente fórmula:

$$Mercado_{eq} = \sqrt{\sum_{rxc} CorrIndex^{rxc} * Mercado_{eq,r} * Mercado_{eq,c}}$$

Donde:

$CorrIndex^{rxc}$  son las celdas de la matriz de correlación  $CorrIndex$ .

La matriz de correlación que se obtuvo de correlacionar las variaciones diarias de los índices es la que se muestra en la tabla 3.26<sup>5</sup>.

	IPC	MSCI World	ISIPM
IPC	100%		
MSCI World	-1.173763%	100%	
ISIPM	6.513307%	-7.133484%	100%

Figura 3.26: Matriz de correlacion IPC, Ishares, ISIPM. Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México, Ishares y ARYES.

Se hace notar que la matriz de correlación tiene valores negativos, en este caso debido a que no puede haber valores negativos en nuestra matriz ya que bajaría el RCS para la aseguradora además de que una raíz negativa no está definida en los reales, entonces se toma como valor como: el máximo entre  $CorrIndex$  y 0, es decir

$$CorrIndex^{rxc} = \max\{0, CorrIndex\}$$

De tal manera que la matriz de correlación  $CorrIndex^{rxc}$  se define como la siguiente:

<sup>5</sup>Recordemos que una matriz de correlación es una matriz simétrica.

	IPC	MSCI World	ISIPM
IPC	100%		
MSCI World	0%	100%	
ISIPM	6.513307%	0%	100%

Figura 3.27: Matriz de correlación  $CorrIndex^{rxc}$ . Fuente: Elaboración propia con datos de Banco de México, Ishares y ARYES.

En el siguiente ejercicio, supondremos que una aseguradora tiene activos invertidos en acciones, se verá cómo obtener el Requerimiento de Capital de Solvencia para el caso en que tenga activos invertidos en acciones o Sociedades de Inversión.

Lo primero que se hará es ver la posición de renta variable en la que está la aseguradora de acuerdo a los grupos en las cuales puede invertir<sup>6</sup>.

Posición en renta variable	
Inversiones en acciones del mercado Mexicano	1,000,000
Inversiones en acciones del mercado extranjero	700,000
Inversiones en Sociedades de inversión	500,000
Total	2,200,000

Segundo, se determina el impacto que se tiene sobre la posición en renta variable.

Impacto del stress en el Activo		
Impacto en mercado accionario mexicano.	(37.93%)	-379,300
Impacto en el mercado accionario extranjero.	(48.03%)	-336,210
Impacto en el mercado de Sociedades de inversión.	(1.21%)	-6,050
Impacto Total.		721,560

Se determina el impacto sobre el Valor del Activo menos el Pasivo (NAV).

	Contable	Mercado accionario Mexicano	Mercado accionario extranjero	Sociedades de inversión
Activo	3,000,000	2,621,000	2,663,790	2,993,950
Pasivo	1,500,000	1,500,000	1,500,000	1,500,000
NAV	1,500,000	1,121,000	1,163,790	1,493,950
$\Delta$ NAV		379,000	336,210	6,050

<sup>6</sup>Estamos suponiendo que las acciones están en pesos mexicanos.

Después, con la fórmula y con la matriz de correlación se determina el RCS para el riesgo accionario.

	IPC	Ishares MSCI World	ISIPM
IPC	100%	0%	6.513307%
MSCI World	0%	100%	0%
ISIPM	6.513307%	0%	100%
$\Delta$ NAV	379,000	336,210	6,050
<i>Mercado<sub>eq</sub></i>			<b>506,964.95</b>

De esta manera se tiene conformado el Requerimiento de Capital de Solvencia para el Riesgo Accionario.



# Conclusiones

A lo largo de este trabajo se presentó la nueva normativa para el mercado asegurador europeo, esta normativa traerá consigo mayores requerimientos que harán que el asegurado este protegido ante todas las circunstancias. Estos requerimientos llevarán a la compañía aseguradora a valorizar sus activos y pasivos a valor de mercado y a cubrirse de las peores pérdidas en un 99.5 % de confianza.

Las aseguradoras tendrán requerimientos que abarcaran todas las posibles fuentes de insolvencia. Dentro de estos requerimientos estará el riesgo de mercado el cual mide la exposición a los riesgos de tipo de cambio, riesgo de propiedad, riesgo de tasa de interés, riesgo de concentración, riesgo de spread y riesgo accionario. Este último establece un Requerimiento de Capital en caso de que una aseguradora tenga activos invertidos en acciones o en fondos de inversión.

Para el riesgo accionario, el QIS 5 establece porcentajes (factores) que se tienen que tomar en cuenta en caso de que la aseguradora tenga acciones, es decir se determina cierto porcentaje de capital en caso de que la aseguradora tenga activos en acciones. El factor “Global” y el factor “Otros”, son los factores que se aplican a los activos de la empresa en caso de que tenga inversiones en países miembros de la OCDE y en países no pertenecientes a la OCDE, respectivamente.

En el trabajo se expuso la idea de que esta normativa se aplicará al mercado asegurador mexicano. Esta nueva normativa será presentada en una iniciativa de ley que traerá consigo la nueva Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas (LISF) que abarcará gran parte de Solvencia II pero para el caso mexicano.

Tratando de cubrir el caso que a los mexicanos interesa, se presentó el riesgo accionario para el mercado mexicano. Lo que se hizo fue llevar a cabo un análisis para aplicar este riesgo a México, empezando por qué tipo de índices describen al mercado accionario mexicano, al mercado accionario extranjero y

a los Índices de Sociedades de Inversión (en caso de que se tengan inversiones en acciones del mercado extranjero o inversiones en fondos de inversión). Obteniendo como resultado; que los mejores índices que describen lo que se busca son: el Índice de Precios y Cotizaciones, el índice Ishares MSCI World y el ISIPM para Sociedades de Inversión.

Las bases guía para realizar el trabajo fue seguir la metodología de Solvencia II (las que dictan los QIS) esta metodología indica que los escenarios con los cuales se puede obtener el RCS son escenarios del VAR al 99.5 % de confianza con un horizonte de tiempo de un año y tomando los peores escenarios posibles.

Teniendo las motivaciones en claro, lo que siguió fue escoger el método del VAR con el que se pudiera obtener un factor “Global” y un factor “Otros”. Para esto, el método elegido fue el del VAR por el método Monte Carlo Estructurado. Este método exige un proceso estocástico que replicará de la mejor manera una variable financiera, para lo cual se eligió el Movimiento Geométrico Browniano; ya que puede empezar en cero, tiene medias distintas de cero y su varianza puede ser no proporcional al tiempo, por lo que replica muy bien los índices.

Después de simular diferentes posibles trayectorias de precios para los índices con diferentes rangos de tiempo se puso en evidencia que el VAR depende en gran medida del periodo de tiempo que se esté tomando, esto se reflejaba en el rango de datos con los que se contó para los parámetros del modelo.

Por último, a través de la variabilidad en las trayectorias simuladas se pudo determinar el percentil al 99.5 % de confianza para los diferentes rangos de tiempo con lo que se esogió el que mejor se acopló a la situación de México. El rango de tiempo que se eligió toma parte de la crisis del 2008 y la volatilidad actual.

Una gran influencia que tiene como base Solvencia II, es Basilea II, esto se puede ver al momento en el cual Solvencia II hace la partición de los riesgos y cómo determina la manera de mitigarlos. La base principal con la que, tanto Solvencia II como Basilea II miden y enfrentan sus riesgos es una buena administración de los mismos. Más allá de escoger el mejor modelo del VAR, una buena administración de riesgos trae consigo una buena administración de una compañía, y en caso de Solvencia II, una buena administración de las compañías aseguradoras.

Por último se concluye que la normativa de Solvencia II en el mercado mexicano va a traer grandes repercusiones de manera positiva, de tal manera que

abrirá brecha en el mercado asegurador en Latinoamérica y llegará a sobresalir por ser una “normativa innovadora” que trae beneficios tanto para los usuarios de los seguros como para las aseguradoras. En particular el riesgo accionario para el caso mexicano, es una muy buena medida para controlar las inversiones a las que puedan tener acceso las compañías aseguradoras sin tener tantas restricciones.

El riesgo accionario mexicano está modelado de tal manera que una compañía de seguros al invertir en acciones tenga el capital suficiente para ser solvente en caso de una catástrofe financiera. Para este trabajo se simuló un número considerable de trayectorias y se hicieron diferentes escenarios con el objetivo de presentar los diferentes contextos en los cuales pudiera estar sumergida la economía nacional y en consecuencia las compañías de seguros. Todo esto con la finalidad de presentar un modelo europeo que puede ser aplicado a la perfección en nuestro país, que cuenta con sólidas bases y argumentos bien definidos y que deja en claro que una buena administración de riesgos es parte aguas para la prevención de catástrofes económicas y que pone como ejemplo que un buen cambio y una buena administración funciona en todos lados.



# Anexo A

## Glosario de términos

**BEL (Best Estimate Liabilities):** La media de la distribución de probabilidad de los valores actuales esperados de los flujos de caja originados por los pasivos considerados.

**Benchmarking:** Este término se refiere a lograr comportamientos competitivos en la oferta de los mercados y consiste en la comparación del desempeño de las empresas, a través de la métrica por variables, indicadores y coeficientes.

**Bonos Corporativos:** Es un bono emitido por una corporación para recaudar dinero con el fin de expandir su negocio. El término se aplica generalmente a instrumentos de deuda a largo plazo, por lo general con una fecha de vencimiento que cae al menos un año después de su fecha de emisión

**CEIOPS: Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors, Comité Europeo Supervisor de la Industria de Seguros y Pensiones.**

**Collateralized Debt Obligations (CDO's):** Los CDO's (Collateralized Debt Obligation) son intereses titulizados en fondos de activos (generalmente no hipotecarios).

**Contraparte:** Término con el que se designa a la parte contraria en una operación de compraventa de activos financieros, por ejemplo compra de divisas.

**Contralor Interno:** Un contralor interno es un funcionario de gobierno encargado de vigilar que se cumplan los lineamientos y la inspección de la normativa en materia de planeación, programación, presupuesto, registro, control, evaluación y auditoría.

**Costo de Capital (CoC):** Es el rendimiento requerido sobre los distintos tipos

de financiamiento.

**Credit Default Swap:** Un credit default swap, CDS, o permuta de incumplimiento crediticio es un producto financiero que consiste en una cobertura de riesgos, incluida dentro de los derivados de crédito que se materializa mediante un contrato de swap sobre un determinado instrumento de crédito (normalmente un bono o un préstamo) en el que el comprador de la permuta realiza una serie de pagos periódicos al vendedor y, a cambio, recibe de éste una cantidad de dinero en caso de que el título que sirve de activo subyacente al contrato sea impagado a su vencimiento o la entidad emisora incurra en suspensión de pagos.

**Deuda Subordinada:** La deuda subordinada son títulos, valores de renta fija con rendimientos emitidos por entidades de crédito que ofrecen una rentabilidad mayor que otros activos de deuda.

**Deuda Híbrida:** Los instrumentos de deuda híbrida son aquellos que contienen características que se asimilan tanto a deuda como a capital. Tienen la habilidad de absorber pérdidas que sufren los emisores.

**EIOPA:** European Insurance and Occupational Pensions Authority, Autoridad Europea en Seguros y Pensiones de Jubilación.

**Gobierno Corporativo:** El gobierno corporativo es un conjunto de principios y normas que regulan el diseño, integración y funcionamiento de los órganos de gobierno de una empresa.

**Hedge Funds (Fondos de Alto Riesgo):** Son instrumentos financieros de inversión que combinan posiciones cortas y largas en valores, con el fin de realizar una cobertura de la cartera frente a los movimientos del mercado.

**Intereses participativos:** Cuando una empresa “padre” tiene en sus filiales intereses de largo plazo que puede intervenir con el fin de controlar la influencia derivada de este interés.

**Managed Futures:** Son inversiones realizadas en productos básicos (commodities), monedas (currencies) y otros mercados, por medio de futuros, opciones y valores gubernamentales (government securities), aunque el término también puede estar asociado con los fondos de productos básicos (commodity funds) o los fondos de futuros (future funds).

**NAV:** Net Value of Assets Minus Liabilities, Valor Neto de los Activos Menos Pasivos.

**OCDE:** Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.

QIS: Quantitative Impact Study, Estudios de Impacto Cuantitativo.

Riesgos Biométricos: Son los riesgos derivados de por las condiciones humanas por ejemplo, la mortalidad la invalidez, longevidad.

Salud SLT: Sub módulo del riesgo en salud referente al que se suscribe parecido a los seguros de vida (Similar to Life insurance Technics).

Shock: Impacto o incremento inesperado en el precio de un activo.

Sociedad de Inversion: Una sociedad de Inversión es lo mismo que un fondo de inversión, y los fondos de inversión son sociedades privadas de inversionistas cuyo principal objetivo es buscar altos rendimientos.

Special Purpose Vehicles (SPV): Es una entidad legal (compañía) creada con propósitos específicos.

Spread: Es la diferencia entre el precio de compra y el de venta de un activo financiero.

Swap: Producto financiero derivado el cual consiste en el intercambio en periodos regulares o irregulares de flujos de efectivo con base en ciertas reglas preestablecidas entre dos contrapartes y en referencia a un o más factores de riesgo.

Total Return Swap: En este tipo de swap se intercambia un tipo de interés flotante por todos los flujos de un activo. Usualmente si el vencimiento de este swap es inferior al del activo financiero suele haber un intercambio, entre las partes, del activo al inicio y vencimiento del contrato de swap a un precio preestablecido.



# Anexo B

## Representación del Movimiento Geométrico Browniano

Considere el movimiento geométrico Browniano

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

donde  $\mu \in \mathbb{R}$  y  $\sigma > 0$ . Si  $y = \ln S_t$ , entonces

$$\frac{\partial y}{\partial S_t} = \frac{1}{S_t}, \quad \frac{\partial^2 y}{\partial S_t^2} = -\frac{1}{S_t^2}, \quad \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

El lema de Itô señala:

Considere una función  $y = f(S_t, t)$ , calcule la diferencial de  $y = f(S_t, t)$  considerando los términos de segundo orden en una expansión en serie de Taylor y aplique las reglas básicas de diferenciación estocástica,  $(dt)^2 = 0$ ,  $(dt)(dW) = 0$  y  $(dW_t)^2 = dt$ , entonces

$$dy = \left( \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial S_t} \mu(S_t, t) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S_t^2} \sigma^2(S_t, t) \right) dt + \frac{\partial f}{\partial S_t} \sigma(S_t, t) dW_t$$

La aplicación del lema de Itô da como resultado lo siguiente:

$$\begin{aligned} d \ln S_t &= \left( \mu \frac{S_t}{S_t} - \frac{1}{2} \frac{(\sigma S_t)^2}{S_t^2} \right) dt + \frac{1}{S_t} \sigma dW_t \\ &= \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dW_t \\ &= \mu dt + \sigma dW_t - \frac{1}{2} \sigma^2 dt \end{aligned}$$

Sustituyendo por la ecuación original se tiene:

$$d \ln S_t = \frac{dS_t}{S_t} - \frac{\sigma^2}{2} dt$$

Integrando:

$$\ln S_t - \ln S_0 = \mu \int_0^t du - \frac{1}{2} \sigma^2 \int_0^t (dW_u)^2 + \sigma \int_0^t dW_u$$

$$\ln S_t = \ln S_0 + \mu t - \frac{1}{2} \sigma^2 t + \sigma W_t$$

$$= \ln S_0 + \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma W_t$$

Usando las leyes de los exponentes llegamos al resultado propuesto.

$$S_t = S_0 \exp \left\{ \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma W_t \right\}$$

# Anexo C

## Código en R de las simulaciones realizadas

Como nota aclaratoria; en cada código se utilizó su correspondiente base que consta del precio de los activos en el rango de fechas especificado.

```
x<-read.csv("H:/Tesis1/ind/IPC mensual historico.csv")
close<-x[,7]
rend<-c()
plot(close,type="l")      ## Evolución del IPC mensual desde

for(i in 1:length(close)){
  rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l")      ## Rendimiento del IPC
r<-mean(rend)           ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend)         ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma
r
### r<-0.016
###sigma<-0.075

x<-close[length(close)]  ## Último valor de la serie del IPC
N<-12                    ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
  w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)      ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
  s[1,i]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)}   ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[1,],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(10000,95000),main="simulaciones",ylab="IPC",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){
  for(i in 1:N+1){
    w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
    s[j,i]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)}
  lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13])
quantile(s[,12],0.995)
vari<-c()
for(j in 1:n-1){
  vari[j]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1}
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones del IPC",col="blue")
quantile(vari,0.005)
```

```

X<-read.csv("G:/Tesis1/ind/IPC 2007-2012.csv") ## Lee la serie del IPC del 2007 a agosto del 2012 con formato csv
close<-X[,7] ##Escoje el precio del indice
rend<-c() ## Declaramos un vector llamado rend
plot(close,type="l") ## Evolución del IPC mensual desde

for(i in 1:length(close)){ ##Obtiene la variació (rendimiento) y lo coloca en el vector rend
rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del IPC
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma #### volatilidad del rendimiento ##
r #### rendimiento medio ##

x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie del IPC
N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000 ## Número de simulaciones
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
s[i,1]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[i,],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(15000,95000),main="simulaciones",ylab="IPC",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
s[j,1]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Hace las demás simulaciones y las grafica
lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13]) ## Determina el escenario limite para el horizonte de tiempo
vari<-c()
for(i in 1:n-1){
vari[i]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1} ## Se obtiene la variación de las simulaciones del pultimo escenario simulado
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="Clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones del IPC 2007-2012",col="blue") ## Gráfica
quantile(vari,0.005) ###### cuantil al 99.5% ######
}

X<-read.csv("G:/Tesis1/ind/IPC 2007-2009.csv") ## Lee la serie del IPC del 2007 al 2009 con formato csv
close<-X[,7] ##Escoje el precio del indice
rend<-c() ## Declaramos un vector llamado rend
plot(close,type="l") ## Evolución del IPC mensual desde

for(i in 1:length(close)){ ##Obtiene la variació (rendimiento) y lo coloca en el vector rend
rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del IPC
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma #### volatilidad del rendimiento ##
r #### rendimiento medio ##

x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie del IPC
N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000 ## Número de simulaciones
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
s[i,1]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[i,],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(5000,70000),main="simulaciones",ylab="IPC",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
s[j,1]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Hace las demás simulaciones y las grafica
lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13]) ## Determina el escenario limite para el horizonte de tiempo
vari<-c()
for(i in 1:n-1){
vari[i]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1} ## Se obtiene la variación de las simulaciones del pultimo escenario simulado
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="Clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones del IPC 2007-2009",col="blue") ## Gráfica
quantile(vari,0.005) ###### cuantil al 99.5% ######
}

```

```

X<-read.csv("H:/Tesis1/ind/isharesMSCIW.csv") ## Extracción de la serie del mensual del Ishares MSCI world
close<-X[,2]
rend<-c()
plot(close,type="l") ## Evolución del Ishares MSCI world mensual desde 2005-ago 2012

for(i in 1:length(close)){
  rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del Ishares MSCI
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma
r
x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie Ishares
x

N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000 ## Número de simulaciones
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
S<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
  w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
  S[1,i] <- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w) ## Movimiento Geométrico Browniano
  plot(t,S[1,i],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(1000,8000),main="Simulaciones",ylab="Ishares MSCI world",xlab="Mes",panel.first=grid())

  for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
    for(i in 1:N+1){
      w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
      S[j,i] <- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w) ## Gráfica de las demás 100,000 simulaciones
      lines(t,S[j,i],col=j)
    }
  }
  min(S[,13]) ## Escenario límite inferior
  vari<-c()
  for(j in 1:n-1){ ## Variación de las simulaciones al horizonte objetivo de tiempo
    vari[j] <- (S[j+1,12]/S[j,12])-1}
  vari<-na.omit(vari)
  hist(vari,40,xlab="Clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones Ishares MSCI World",col="red")
  quantile(vari,0.005) ## Cuantil al 99.5% de confianza
}

```

```

X<-read.csv("G:/Tesis1/ind/IPC 2007-2012.csv") ## Lee la serie del IPC del 2007 a agosto del 2012 con formato csv
close<-X[,7] ## Escoge el precio del índice
rend<-c() ## Declaramos un vector llamado rend
plot(close,type="l") ## Evolución del IPC mensual desde

for(i in 1:length(close)){ ## Obtiene la variación (rendimiento) y lo coloca en el vector rend
  rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del IPC
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma ## volatibilidad del rendimiento ##
r ## rendimiento medio ##

x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie del IPC
N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000 ## Número de simulaciones
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
S<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
  w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
  S[1,i] <- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w) ## Movimiento Geométrico Browniano
  plot(t,S[1,i],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(15000,95000),main="Simulaciones",ylab="IPC",xlab="Mes",panel.first=grid())

  for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
    for(i in 1:N+1){
      w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
      S[j,i] <- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w) ## Hace las demás simulaciones y las grafica
      lines(t,S[j,i],col=j)
    }
  }
  min(S[,13]) ## Determina el escenario límite para el horizonte de tiempo
  vari<-c()
  for(j in 1:n-1){ ## Se obtiene la variación de las simulaciones del último escenario simulado
    vari[j] <- (S[j+1,12]/S[j,12])-1}
  vari<-na.omit(vari)
  hist(vari,40,xlab="Clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones del IPC 2007-2012",col="blue") ## Gráfica
  quantile(vari,0.005) ## Cuantil al 99.5%
}

```

```

x<-read.csv("G:/Tesis1/ind/IPC 2007-2009.csv") ## Lee la serie del IPC del 2007 al 2009 con formato csv
close<-x[,7] ##Escoje el precio del indice
rend<-c() ## Declaramos un vector llamado rend
plot(close,type="l") ## Evolución del IPC mensual desde

for(i in 1:length(close)){ ##Obtiene la variación (rendimiento) y lo coloca en el vector rend
rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del IPC
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma ### volatilidad del rendimiento ##
r ### rendimiento medio ##

x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie del IPC
N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000 ## Número de simulaciones
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
s[1,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[1,],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(5000,70000),main="Simulaciones",ylab="IPC",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
s[j,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Hace las demás simulaciones y las grafica
lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13]) ## Determina el escenario límite para el horizonte de tiempo
vari<-c()
for(j in 1:n-1){
vari[j]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1} ## Se obtiene la variación de las simulaciones del pultimo escenario simulado
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones del IPC 2007-2009",col="blue") ## gráfica
quantile(vari,0.005) ##### Cuantil al 99.5% #####

x<-read.csv("G:/Tesis1/ind/ISIPM.csv") ## Lectura de de la serie del ISIPM mensual histórica
close<-x[,2]
rend<-c()
plot(close,type="l") ## Evolución del ISIPM desde 2002 hasta 2012

for(i in 1:length(close)){
rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del ISIPM
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma
r
x<-close[length(close)] ## último valor de la serie ISIPM
x

N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
s[1,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[1,],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(172,190),main="Simulaciones",ylab="ISIPM",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
s[j,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Gráfica de las simulaciones
lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13]) ## Escenario límite inferior
vari<-c()
for(j in 1:n-1){
vari[j]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1}
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones ISIPM",col="2") ## Gráfica de rendimientos
quantile(vari,0.005) ##### Cuantil al 99.5% de confianza

```

```

X<-read.csv("G:/Tesis1/ind/ISIPM 2007-2012.csv") ## Lectura de de la serie del ISIPM del 2007-2012
close<-X[,2]
rend<-c()
plot(close,type="l") ## Evolución del ISIPM desde 2007 hasta 2012

for(i in 1:length(close)){
rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del ISIPM
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma
r
x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie ISIPM
x

N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
s[1,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[1,],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(172,190),main="Simulaciones",ylab="ISIPM",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
s[j,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)}
lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13]) ## Escenario limite inferior
vari<-c()
for(j in 1:n-1){
vari[j]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1}
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones ISIPM (2007-2012)",col="seagreen3")
quantile(vari,0.005) ## Cuantil al 99.5%

```

```

X<-read.csv("G:/Tesis1/ind/ISIPM 2007-2009.csv") ## Lectura de de la serie del ISIPM del 2007-2009
close<-X[,2]
rend<-c()
plot(close,type="l") ## Evolución del ISIPM desde 2007 hasta 2009

for(i in 1:length(close)){
rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l") ## Rendimiento del ISIPM
r<-mean(rend) ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend) ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma
r
x<-close[length(close)] ## Último valor de la serie ISIPM
x

N<-12 ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
s<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta) ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
s[1,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)} ## Movimiento Geométrico Browniano
plot(t,s[1,],type="l",xlim=c(0,12),main="Simulaciones",ylab="ISIPM",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){ ## Demás 100,000 simulaciones
for(i in 1:N+1){
w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
s[j,]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)}
lines(t,s[j,],col=j)
}
min(s[,13]) ## Escenario limite inferior
vari<-c()
for(j in 1:n-1){
vari[j]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1}
vari<-na.omit(vari)
hist(vari,40,xlab="clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones ISIPM (2007-2009)",col="seagreen3")
quantile(vari,0.005) ## Cuantil al 99.5%

```

```

X<-read.csv("G:/Tesis1/ind/ISIPM 2009-2012.csv")  ## Lectura de de la serie del ISIPM mensual de junio de 2009-2012
close<-X[,2]
rend<-c()
plot(close,type="l")      ## Evolución del ISIPM de junio de 2009 hasta 2012

for(i in 1:length(close)){
  rend[i]= (close[i+1]/close[i])-1}
rend<-na.omit(rend)
plot(rend,type="l")      ## Rendimiento del ISIPM
r<-mean(rend)           ## Media del rendimiento
sigma<-sd(rend)        ## Desviación estandar (volatilidad)
sigma
r
x<-close[length(close)]  ## Último valor de la serie ISIPM
x

N<-12                  ## Tamaño del intervalo 0,12
T<-1
Delta<-1
n<-100000
w<-numeric(N)
t<-seq(0,12,1)
S<-matrix(0,n,13)

for(i in 1:N+1){
  w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)      ## Parte estocastica (Mov. Browniano)
  s[1,i]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)}  ## Movimiento Geométrico Browniano
  plot(t,s[1,i],type="l",xlim=c(0,12),ylim=c(173,185),main="Simulaciones",ylab="ISIPM",xlab="Mes",panel.first=grid())

for(j in 1:n){        ## Demás 100,000 simulaciones
  for(i in 1:N+1){
    w[i] <- w[i-1] + rnorm(1) * sqrt(Delta)
    s[j,i]<- x*exp((r-(sigma^2)/2)*t + sigma*w)}
    lines(t,s[j,i],col=j)
  }
  min(s[,13])
  vari<-c()
  for(j in 1:n-1){
    vari[j]<-(s[j+1,12]/s[j,12])-1}
  vari<-na.omit(vari)
  hist(vari,40,xlab="Clase",ylab="Frecuencia",main="Distribución de las variaciones ISIPM (2009-2012)",col="seagreen3")
  quantile(vari,0.005)
}

```

# Bibliografía

- [1] EUROPEAN COMMISSION, QIS 5 TECHNICAL SPECIFICATION, Brussels 2010.
- [2] Jorion Philippe, VALOR EN RIESGO, Limusa, Irvine California 2002.
- [3] Venegas Martines, RIESGOS FINANCIERO Y ECONÓMICOS PRODUCTOS DERIVADOS Y DECISIONES ECONÓMICAS BAJO INCERTIDUMBRE, Cengage Learning Editores, México 2008.
- [4] Camacho Álvaro, SOLVENCIA II: SUPERVISIÓN BASADA EN RIESGO DE ENTIDADES ASEGURADORAS EN EL MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA, México 2009.
- [5] Alonso Pablo y Albarrán Irene, ANÁLISIS DEL RIESGO EN EL MARCO DE SOLVENCIA II: TÉCNICAS ESTADÍSTICAS AVANZADAS MONTE CARLO Y BOOTSTRAPPING, Fundación MAPFRE, Madrid 2007.
- [6] BMV, ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS, BMV-Educación, México 2003.
- [7] Aguilera Manuel, PROYECTO SOLVENCIA II-MÉXICO, México 2009.
- [8] CEIOPS, CEIOPS ADVICE FOR LEVEL 2 IMPLEMENTING MEASURE ON SOLVENCY II: TECHNICAL PROVISIONS- ELEMENTS OF ACTUARIAL AND STATISTICAL METHODOLOGIES FOR THE THE CALCULATION OF THE BEST ESTIMATE, Alemania 2009.
- [9] CNSF, LEY GENERAL DE INSTITUCIONES Y SOCIEDADES MUTUALISTAS DE SEGUROS, México 2008.
- [10] CNSF, CRITERIOS GENERALES DE SOLVENCIA, INVERSIÓN DE RESERVAS TÉCNICAS, México 2009.

- [11] Alonso Pablo, SOLVENCIA II: EJES DEL PROYECTO Y DIFERENCIAS CON BASILEA II, Madrid, 2007.
- [12] Grupo BMV, NOTA METODOLÓGICA DEL ÍNDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES-IPC, México 2012.
- [13] HSBC, GACETA DE BASILEA II: RIESGO DE MERCADO, México, 2007.
- [14] HSBC, GACETA DE BASILEA II: INTRODUCCIÓN A BASILEA II, México, 2007.
- [15] MAZARS, SOLVENCIA II-NOTAS SOBRE QIS5, Madrid, 2011.
- [16] Walpole Simon, SOLVENCY II, 2009.
- [17] Santibañez Eduardo, CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE DEUDA HÍBRIDA, Fitch Ratings, 2012.
- [18] CNSF, REGLAS PARA LA INVERSIÓN DE LAS RESERVAS TÉCNICAS DE LAS INSTITUCIONES Y SOCIEDADES MUTUALISTAS DE SEGUROS, México, 2000.

## Mesografía

- [19] [http://mx.ishares.com/product\\_info/fund/overview/IWRD.htm](http://mx.ishares.com/product_info/fund/overview/IWRD.htm)
- [20] ARYES, INDICES DE SOCIEDADES DE INVERSIÓN, [http://www.aryes.info/indices\\_aryes.aspx](http://www.aryes.info/indices_aryes.aspx), Octubre 2012.
- [21] Más Fondos, ¿QUÉ SON LOS FONDOS DE INVERSIÓN?, <http://www.masfondos.mx/que-son-los-fondos-de-inversion>, Octubre 2012.
- [22] Banco de México, ÍNDICES DE SOLVENCIA <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/basico/fichas/indicadores-financieros/%7B36ECCC5E-2527-B32E-27B7-10A8D92874E9%7D.pdf>
- [23] <http://www.bmv.com.mx/wb3/work/sites/BMV/resources/LocalContent/1476/18/Met>
- [24] <http://www.mexder.com.mx/MEX/vimex.html>
- [25] <http://todoproductosfinancieros.com/deuda-subordinada-concepto-basico/>

[26] [http://es.wikipedia.org/wiki/S%26P\\_500](http://es.wikipedia.org/wiki/S%26P_500)

[27] <http://es.wikipedia.org/wiki/Benchmarking>

[28] [http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis\\_econ%C3%B3mica\\_de\\_2008-2012](http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_econ%C3%B3mica_de_2008-2012)

[29] [http://es.wikipedia.org/wiki/Fondos\\_cotizados](http://es.wikipedia.org/wiki/Fondos_cotizados)