



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**MÉTODOS DE MONTECARLO Y EL MODELADO
DINÁMICO FINANCIERO COMO FUENTE DE
INFORMACIÓN PARA TOMA DE DECISIONES DE
UNA ASEGURADORA DE DAÑOS**

**REPORTE DE TRABAJO
PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**A C T U A R I O
P R E S E N T A:**

EDUARDO SANDOVAL HERNÁNDEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
ACT. YAZMÍN RODRÍGUEZ ESPÍNDOLA
2016**



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.

1. Datos del Alumno
Sandoval
Hernández
Eduardo
5554557789
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Actuaría
090521128
2. Datos del Tutor
Act.
Yazmín
Rodríguez Espíndola
3. Datos del Sinodal 1
Act.
Angélica María
Lara Hernández
4. Datos del Sinodal 2
M en I.
José Jesús
Martínez Salazar
5. Datos del Sinodal 3
Act.
Lourdes
Sosa Rosas
6. Datos del Sinodal 4
Act.
Ricardo
Villegas Azcorra
7. Datos del Trabajo Escrito
Reporte de Trabajo Profesional
Métodos de Montecarlo y el Modelaje Dinámico Financiero como fuente de
información para Toma de Decisiones de una Aseguradora de Daños.
69 p
2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida y la oportunidad de concluir este importante proyecto para cerrar este importante ciclo.

A mis Padres, Aureliano y Guillermina, así como a mi Hermano Guillermo quienes a pesar de que ya no están presentes, siempre serán parte fundamental de mi Vida.

A mi Hermana Sandra, por darme apoyo, estar presente y ayudarme todos los días. Te agradezco sobre todo porque ahora que eres lo más cercano que me queda, sé que siempre estarás ahí. Admiro la energía y actitud con que afrontas la vida.

A mi Tía María Teresa, quien siempre ha estado atenta a nuestras necesidades y nos ha cuidado como si fuésemos sus hijos.

A Yazmín Rodríguez Espíndola, quien como Directora del presente trabajo, me ha impulsado a realizar un trabajo claro, sencillo y profesional. Agradezco mucho tu valiosa ayuda y el tiempo que has invertido para llevar a buen fin este importante proyecto.

A Angélica María Lara Hernández, Lourdes Sosa Rosas, José Jesús Martínez Salazar y Ricardo Villegas Azcorra, por el tiempo que han destinado a revisar el presente trabajo y por sus valiosas aportaciones.

A Bibiana Obregón Quintana, por las recomendaciones para la realización de este trabajo, pero especialmente por tu valiosa y sincera amistad que ha perdurado casi tres décadas.

A nuestra máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, a los Profesores y compañeros de clase, de quienes aprendí mucho de lo que se plasma en este documento.

A Francisco Martínez del Río, por haber aceptado que se realizara el presente trabajo.

A todos mis Amigos, por sus enseñanzas de vida.

A ti futuro lector, por tomar en cuenta el presente documento como referencia para tus necesidades de consulta.

PENSAMIENTO

“La única constante de la cual tengo certeza, es de esta acelerada tasa de cambio”

Peter Gabriel, canción “Downside Up, Upside Down”

Introducción	1
Antecedentes	3
Capítulo I.- La incertidumbre en el del negocio de las aseguradoras.....	5
I.I.- La Incertidumbre.....	5
I.2.- El riesgo.....	5
I.3.- El riesgo y las Aseguradoras.	7
Capítulo II.- Reaseguro	9
II.1 ¿Qué es el reaseguro?	9
II.2 Función del reaseguro.....	9
II.3 Tipos de reaseguro desde el punto de vista técnico.	10
II.3.1 Reaseguros proporcionales (o de riesgos).	10
II.3.2 Reaseguros no-proporcionales (o de siniestros).	18
II.4. Tipos de reaseguro desde el punto de vista operativo,	29
Capítulo III.- Información, estadística, probabilidad y modelación estocástica.	33
III.1 Información usualmente disponible que proporcionan las Aseguradoras.....	33
III.2 Estadísticas elaboradas a partir de la información disponible.....	35
III.3 Distribuciones de Probabilidad útiles para datos agregados.	37
III.3.1 Estimación de la frecuencia de las pérdidas.....	38
III.3.2. Estimación de la severidad de las pérdidas.	39
III.3.3. Estimación del monto esperado de las pérdidas.....	39
III.4.- El Método de Montecarlo.	40
III.5.- Procesos Estocásticos.....	41
Capítulo IV.- El Análisis Dinámico Financiero y el estado de resultados.	45
IV.1.- El Análisis Dinámico Financiero.....	45
IV.2- Objetivos del Análisis Dinámico Financiero.	45
IV.3.- Pruebas de solvencia.....	47
IV.4.- Estructura de un modelo de Análisis Dinámico Financiero.....	47
IV.5.- Variables modeladas mediante procesos estocásticos.	48
Capítulo V.- Un ejemplo de Análisis Dinámico Financiero para evaluar opciones de reaseguro y su impacto en el estado de resultados.	49
Conclusiones.	55
Anexo 1	57
Bibliografía	59

Introducción

“Es muy difícil predecir, especialmente cuando se trata del futuro” – Yogi Berra, famoso Estadounidense y jugador de Béisbol a mediados del siglo XX.

La incertidumbre es sin lugar a dudas, un tema central en la vida diaria y lo es particularmente para las aseguradoras. A pesar de ella, dichas instituciones no deben permanecer estáticas pues deben tomar decisiones partiendo de la información conocida y disponible, considerando un margen para las posibles desviaciones.

En el presente trabajo, se expone una metodología que se puede utilizar para que a partir de la información conocida, se genere una serie de posibles escenarios de pérdidas y éstos se utilizan para simular los Estados de Resultados. Esto puede ser útil para proveer de datos a los tomadores de decisiones de una aseguradora cuando se requiera evaluar que podría suceder si hubiere que realizar una revisión, o inclusive un cambio en su estructura de reaseguro para una cartera de seguro de daños, particularmente un portafolio de bienes muebles e inmuebles.

La metodología se puede aplicar para estimar posibles resultados futuros. Si bien es imposible predecir con exactitud cuáles serán los resultados a futuro de una aseguradora, se pretende obtener un conjunto de escenarios que presentan un rango esperado para los resultados con un alto nivel de confianza, tomando en cuenta variables como el crecimiento, la composición de la cartera asegurada y la estrategia de retención y cesión de riesgos (conocida como programa de reaseguro). Se podrá observar cómo interactúan y afectan ciertas variables a los resultados estimados.

Los resultados de este tipo de ejercicios permitirán a los tomadores de decisiones de las aseguradoras, evaluar diferentes estrategias para finalmente elegir la que mejor se ajuste al objetivo que se desea cumplir.

El capítulo I, se centra en el tema de *Incertidumbre* y cómo podría afectar los resultados de una aseguradora.

En el capítulo II, se hace una revisión a conceptos básicos de reaseguro y sus diferentes formas técnicas y operativas.

Para el capítulo III, se revisa el tema de estadística y probabilidad, así como lo correspondiente al Método de Montecarlo y Procesos Estocásticos y su contribución fundamental para obtener las estimaciones necesarias para generar un estado de resultados.

El capítulo IV se explica cómo generar los escenarios financieros con base en los resultados del proceso estocástico. También se plantean las medidas de riesgo y retorno que se presentan a las aseguradoras, que sirven de ayuda para la toma de decisiones respecto a la estrategia de negocio requerida.

Finalmente, se presentan conclusiones así como las posibles ventajas y desventajas de la metodología. También se emiten comentarios respecto a la validez y consistencia de los resultados.

Se desea que el presente trabajo genere interés en el lector y que éste pueda ser útil para cuando se enfrente a una situación de toma de decisiones en la materia.

Antecedentes.

Históricamente, la planeación ha sido un tema central en la vida y definitivamente continuará siendo de suma importancia. Todos tenemos objetivos, tanto en lo personal como en lo profesional y también lo tienen las empresas. Llegar a cumplir esos objetivos con éxito constituye una fuente de satisfacción y en esencia, nos proporciona crecimiento.

El camino a recorrer para llegar a cumplir las metas es con frecuencia desconocido. Sin embargo, podemos obtener información que nos permita revisar desde antes de la partida, cuáles podrían ser algunos de los escenarios a enfrentar en el recorrido, para evitar aquellos que representen altos niveles de riesgo con una mínima recompensa.

Para las aseguradoras, la esencia de su línea de operación es el manejo del riesgo. Los impactos económicos que podrían producirle la realización de los mismos, podría representar situarles en escenarios no deseables e inclusive llevarles a la bancarrota. Así que para este tipo de empresas, es muy importante poder planear y por supuesto, lograr los objetivos requeridos controlando los riesgos y maximizando las posibles recompensas originadas por la elección de una estrategia en particular.

Hasta el siglo pasado, esa tarea de planeación era de alta complejidad, entre otras cosas debido a que la tecnología no permitía que la creación de modelos matemáticos fuese sencilla. O si se realizaba esa creación, la misma tecnología no tenía el grado de desarrollo actual que permitiera que las computadoras realizaran velozmente los cálculos necesarios.

Por otra parte, los reguladores de la industria aseguradora han implementado nuevas reglas para la operación de las empresas. Fundamentalmente, los reguladores buscan que las aseguradoras cuenten con la capacidad financiera suficiente y necesaria para afrontar las obligaciones futuras, con el objetivo que los tenedores de pólizas puedan resarcir la pérdida financiera ocasionada por la realización de los riesgos cubiertos en los contratos de seguros.

Otro componente importante dentro de la ecuación lo constituyen los accionistas. Ellos necesitan conocer los resultados del negocio en el cual han invertido sus recursos y también, necesitan conocer si dichos resultados se ajustan a sus objetivos particularmente con respecto a la rentabilidad esperada.

De no menor importancia dentro de la industria del seguro, existen los reaseguradores. Ellos son empresas que también se dedican a la transferencia de riesgos, pero desde la perspectiva de asumir riesgos desde un segundo frente que con frecuencia, es desconocido para los asegurados. Son la espina dorsal de la industria del seguro debido a que en muchos casos, proveen a las aseguradoras de la capacidad financiera necesaria para poder asumir riesgos que de otra manera no podrían aceptar dentro de su cartera de negocios, debido a que excederían su capacidad de suscripción. Al ser parte fundamental de la industria mundial del seguro, los reaseguradores también requieren evaluar los negocios que les presentan y aceptar aquellos que se ajusten a su apetito de riesgo por una parte y por otra, que al concluir el ciclo de esos negocios, se obtengan los mejores resultados de rentabilidad posibles con base en la comparación de riesgo y beneficio que se ha mencionado.

Indudablemente también la teoría y conceptos matemáticos han avanzado de manera tal que, utilizando conceptos de estadística y probabilidad, se pueden generar modelos que simulen el comportamiento de un negocio y que entreguen los resultados que sirvan para estimar estos últimos.

Actualmente dado el nivel de conocimiento y tecnología disponible, es posible crear modelos matemáticos que representen con un alto grado confiabilidad las estimaciones del comportamiento de una aseguradora o prácticamente cualquier negocio que sea factible de expresar de una manera estructurada. Y si bien es imposible predecir con exactitud los resultados a futuro, si es posible obtener rangos dentro de los cuales se espera estén los resultados obtenidos por medio de la simulación.

Considerando todo lo anterior, en este trabajo se presenta lo que actualmente se conoce como la metodología del *Análisis Dinámico Financiero*. Con ella se puede generar mediante la simulación, el comportamiento de un negocio. Es dinámico debido a que al variar los parámetros de la modelación, se pueden generar diversos escenarios para que con las restricciones previamente concebidas (riesgo, gastos de operación, retorno esperado, etc.), se obtengan diferentes opciones a partir de las cuales se puede llegar a la elección final de la estrategia que mejor se ajuste al plan de negocios previamente requerido por los tomadores de decisiones.

Si bien la aplicación de este tipo de análisis para la industria aseguradora data de finales del siglo XX y principios del XXI, su aplicación hoy en día se hace más necesaria que nunca, debido principalmente a los requerimientos de los reguladores para los modelos de Solvencia II.

Capítulo I.- La incertidumbre en el del negocio de las aseguradoras

En este capítulo, se comenta acerca de los conceptos: incertidumbre, riesgo y algunos tipos de éste, cuál es el panorama general que se presenta cuando una aseguradora desea realizar una revisión de sus resultados y la planeación a futuro.

I.1.- La Incertidumbre.

En términos generales, la incertidumbre expresa la duda que se tiene ante la posible ocurrencia de un evento futuro. En el caso de los humanos, usualmente ésta aumenta con el progreso de los años o cuando se adquieren diversas cosas y por tanto, se posee mayor riqueza en bienes. Se constituye una inseguridad y miedo ante la ocurrencia de posibles acontecimientos adversos y se vuelve deseable evitar o por lo menos controlar y minimizar ese riesgo inherente a perder los bienes o bien, de sufrir un accidente que no nos permita disfrutar de tales bienes.

El conocimiento sobre la manera en que opera el mundo está limitado al menos por cinco tipos de incertidumbre:

1. Conocimiento adecuado de todos los factores que pueden influir en algo.
2. Número inadecuado de observaciones sobre esos factores.
3. Falta de precisión en las observaciones.
4. Carencia de modelos apropiados para poder combinar toda la información de modo significativo, y
5. Capacidad inadecuada para calcular a partir de los modelos.

Es posible predecir algunos sucesos con mucha precisión (eclipses), otros con menos exactitud (el resultado de una elección presidencial) y otros, con muy poca (terremotos). Aunque la certidumbre absoluta es casi imposible de conseguir, con frecuencia se puede estimar la probabilidad ya sea grande o pequeña, de que algunas cosas sucedan y el margen probable de error para la estimación.

En resumen, la Incertidumbre es la posibilidad de que ocurran eventos excluyentes (E_1, E_2, \dots, E_n), los cuales tienen asociada una probabilidad o frecuencia de ocurrencia (P_1, P_2, \dots, P_n).

I.2.- El riesgo.

El riesgo por su parte, es una estimación subjetiva de la probabilidad de ocurrencia de un evento y puede variar de acuerdo con la información y características de los diversos agentes que componen a la propia estimación.

Riesgo es un término que proviene del italiano, idioma que a su vez lo adoptó de una palabra del Árabe clásico y que podría traducirse como “lo que depara la providencia”. El término hacía referencia a la proximidad o contingencia de un posible daño.

La noción de riesgo suele utilizarse como sinónimo de peligro. Sin embargo, el riesgo está vinculado a la vulnerabilidad, mientras que el peligro se asocia a la factibilidad del perjuicio o daño. Por lo tanto, es posible distinguir entre riesgo (la posibilidad de daño) y peligro (la probabilidad de accidente o patología). En pocas palabras, el peligro es una causa del riesgo.

Otro concepto generalmente vinculado al de riesgo es amenaza, y se trata de un dicho o hecho que anticipa un daño. Algo puede ser considerado como una amenaza cuando existe al menos un incidente específico en el cual tal evento se haya concretado.

Un riesgo es un evento que podría ocurrir, y que de hacerlo podría tener un impacto negativo en los objetivos de una Organización. Por lo tanto, un riesgo se compone de tres elementos:

- El escenario.
- La probabilidad de ocurrencia; y,
- El tamaño del impacto en caso que ocurra (ya sea un valor fijo o aleatorio).

Por contraparte, una oportunidad es un evento que podría ocurrir, y que de hacerlo podría tener un impacto positivo en las metas de la Organización. Por lo tanto, una oportunidad se compone de los tres mismos elementos que un riesgo.

El manejo de las oportunidades es esencialmente lo opuesto que el manejo de los riesgos. Es decir, se buscaría maximizar la probabilidad de ocurrencia de las oportunidades y poder posicionarse uno mismo para disfrutar el mayor de los beneficios en caso que se presente la oportunidad.

Existen distintos tipos de riesgos que surgen en diferentes ámbitos.

- El riesgo laboral, por ejemplo, permite hacer referencia a la falta de estabilidad o seguridad en un trabajo.
- El riesgo biológico, por otra parte hace mención a la posibilidad de contagio en medio de una epidemia o por el contacto con materiales biológicos que son potencialmente peligrosos.
- El riesgo financiero, generalmente está asociado con la solvencia monetaria de una empresa, una persona o un país. Esta noción de riesgo financiero se refiere a la capacidad de pago de una deuda contraída. Un país con alto nivel de desempleo, baja producción, elevada inflación y grandes deudas, representa un riesgo financiero muy alto. Por eso, es poco probable que dicha nación pueda acceder a nuevos créditos, ya que en teoría se enfrentaría a serias dificultades para pagarlos.

Se puede decir que, prácticamente hay riesgos para cada actividad y el grado del riesgo podría llegar a cuantificarse.

¿Qué se puede hacer con el riesgo?

1. Es necesario realizar un análisis que permita ante todo, identificar los posibles riesgos que se podrían enfrentar.
2. Posteriormente, realizar la medición del impacto de dicho riesgo. Esta medida depende del riesgo, dado que el impacto puede ser monetario, en tiempo o de otro tipo.
3. Administrar el impacto. Es decir, hay que decidir si el riesgo se puede retener, transferir ya sea en parte o todo o finalmente ignorarlo. A continuación se listan algunas posibles acciones para la administración de riesgos:
 - Aceptación o no hacer nada: no se realiza acción alguna para controlar el riesgo o la exposición al mismo. Esto puede ser apropiado cuando el costo de controlar el riesgo está fuera de proporción con respecto al riesgo. Esto es usualmente apropiado para riesgos de baja probabilidad de ocurrencia.
 - Incrementarlo: quizá se descubra que ya se está destinando una cantidad considerable de recursos para administrar el riesgo, especialmente si se compara con el nivel de protección obtenido. En tales casos, sería lógico reducir el nivel de protección para poder administrar otros riesgos, con lo cual se podría obtener una eficiencia superior en general en la administración de riesgos.

- Obtener mayor información: Un análisis de riesgo puede develar el nivel de incertidumbre existente alrededor de la toma de decisiones. A menudo se puede reducir la incertidumbre al adquirir mayor información. Por tanto, el tomador de decisiones puede determinar si hay demasiada incertidumbre para una toma de decisiones robusta y en su caso, requerir que se consiga mayor información.
- Eludir o eliminar el riesgo: esto puede requerir cambiar métodos de operación, un proyecto o plan, una estrategia de inversión, etc. De tal manera que el riesgo previamente identificado se torna irrelevante.
- Reducir o mitigar: esto involucra un rango de técnicas que en caso de utilizarse en conjunto, para reducir la probabilidad del riesgo, su impacto o ambos.
- Planes de contingencia: estos son planes desarrollados para optimizar la respuesta a los riesgos en caso que éstos ocurran. Estos planes se pueden utilizar en conjunto con las estrategias de aceptación y reducción. Un plan de contingencia deberá de identificar a las personas que tomarán la responsabilidad de vigilar la ocurrencia del riesgo, y/o los factores de riesgo que influyan en la probabilidad de ocurrencia o su posible impacto. El plan debe de poder identificar que hacer, quien lo debe realizar y priorizar, la ventana de oportunidades, etc.
- Crear reservas: esto es crear un fondo para cubrirse del riesgo en caso que éste ocurra. Por ejemplo, reservar fondos adicionales para un proyecto, reservar tiempo adicional para completar un proyecto, tener reservas de dinero, tener mercancía extra en almacén para un fin de semana largo, etc.
- Adquirir un seguro o protección: esto es esencialmente una estrategia de reducción del riesgo, pero es tan común que merece una mención aparte. Si una Aseguradora ha realizado los cálculos correctamente, en un mercado competitivo los Asegurados pagarán un poco más del costo esperado de ocurrir el riesgo. En general, se elige esta estrategia cuando se está expuesto a riesgos que podrían tener impacto fuera de nuestra zona de confort.
- Transferir el riesgo: esto involucra manejar el problema de tal manera que el riesgo se transfiere de una parte a otra. Una manera tradicional de transferir los riesgos es por medio de un contrato, donde se contempla una forma de penalización en caso de ocurrir alguna deficiencia en el desempeño de alguna de las partes contractuales.

El presente trabajo está orientado hacia el tema de la transferencia del riesgo, bajo el sistema de las Aseguradoras y Reaseguradoras.

I.3.- El riesgo y las Aseguradoras.

El negocio principal de las Aseguradoras está relacionado con el concepto de riesgo. Ya sea para personas o bienes, las Aseguradoras son entidades que permiten manejar los riesgos que de realizarse, tendrían un impacto de tipo financiero tanto para los Asegurados o Clientes como para las propias Aseguradoras. El manejo del riesgo se realiza al transferir los riesgos financieros (la suma asegurada) a que se está expuesto, a través de un intercambio o pago de dinero (la prima). (Fernández Diurbe, 1992)

Se dice que la suma asegurada equivale a la posible pérdida financiera por la concreción del riesgo que la ocasione. Por lo tanto, las Aseguradoras son entidades que en caso de ocurrencia, nos permiten realizar una labor de administración de riesgos, mediante la transferencia de los mismos.

Ahora bien, las Aseguradoras al asumir la función de administración de riesgos se enfrentan a la incertidumbre acerca de la realización de la parte asumida de los riesgos que están asumiendo a cuenta de los asegurados, por los posibles impactos financieros que éstos pueden producir. También deben

de cuantificar la vulnerabilidad y la cantidad de recursos económicos necesarios para poder afrontar esas posibles pérdidas. Lo deseable para las aseguradoras sería poder conocer los resultados futuros de sus riesgos vigentes con exactitud.

Como todo negocio, es deseable que las aseguradoras obtengan resultados de operación positivos que les permita la permanencia y supervivencia en el futuro. Además, los accionistas también desean que su inversión les genere una renta positiva a cambio de haber aportado parte de su capital en la empresa.

Recordemos también que las autoridades supervisoras de las actividades de las aseguradoras, les requerirán a éstas que se ejerzan todas las medidas y precauciones pertinentes y necesarias para que, las aseguradoras cuenten con los fondos económicos suficientes para poder hacer frente a las posibles obligaciones futuras.

Es así que surge la necesidad para las aseguradoras de contar con mecanismos y herramientas que les permitan planear a futuro la estrategia necesaria para satisfacer todas las necesidades y requerimientos anteriormente mencionados.

Una opción es partir de lo que ya se conoce, es decir, con la información disponible del mercado o de la propia Compañía para poder construir un modelo para simular diferentes opciones de negocio y de las cuales se pueda elegir la que mejor satisfaga las necesidades y requerimientos que permitan también obtener parámetros para medir el riesgo contra el beneficio esperado. La idea de iniciar revisando lo que ya es conocido, será válida siempre que la aseguradora no realice un cambio importante en la política de selección y suscripción de riesgos, pues de otra manera las hipótesis podrían no funcionar.

Es de vital importancia el análisis de la información histórica de la compañía, de tal manera que se pueda utilizar para la creación de un modelo matemático a partir del cual, se podrán realizar las simulaciones que permitan establecer el vínculo entre los datos, el plan de negocio y las proyecciones de los resultados de tal manera que, los tomadores de decisiones tengan opciones para elegir la estrategia que mejor se adapte a las restricciones establecidas (capital, reservas, retorno esperado, etc.).

Lo deseable es que el modelo matemático sea lo suficientemente robusto en cuanto a la información, pero también deberá de ser sencillo de implementar y que permita que la interpretación de los resultados obtenidos sea lo más sencillo posible para los tomadores de decisiones.

Un modelo demasiado complejo no necesariamente es mejor, pues se puede llegar a que el tiempo de cómputo requerido para la simulación sea grande, la explicación de los parámetros y supuestos utilizados puede ser complicada, además de que realizar modificaciones al modelo sea difícil de implementar. Por lo tanto, un modelo deber de ser lo más sencillo posible para que refleje la realidad del negocio considerando los indicadores más importantes.

Capítulo II.- Reaseguro

En este capítulo se presenta lo relativo a Reaseguro.

¿Qué es?

¿Cuáles son los principales esquemas de reaseguro?

¿Cuáles son los tipos de reaseguro que se utilizan comúnmente?

II.1 ¿Qué es el reaseguro?

Según el Código de Comercio Alemán, en el Artículo 779, se expresa simplemente: “El reaseguro es el seguro del riesgo asumido por el asegurador”. (Fernández Diurbe, 1992).

De lo anterior, podría decirse que el reaseguro es una forma de seguro de segundo grado, a través de cuyas diversas modalidades las entidades aseguradoras procuran homogeneizar y limitar las responsabilidades a su cargo, para normalizar el comportamiento de la cartera de riesgos asumidos por medio de la cobertura de los desvíos o desequilibrios que afecten la frecuencia, la distribución temporal o la cuenta individual, de los siniestros que se produzcan en la misma.

Otra forma de ver el reaseguro es como una transferencia de parte de los riesgos asumidos o parte de las indemnizaciones a pagar, con el objetivo de equilibrar y por ende regularizar y dimensionar el comportamiento de la masa de operaciones que componen la cartera de las empresas aseguradoras, ya sea por ramo o bien para el total de las operaciones.

Brindando esa protección, el reaseguro provee la capacidad financiera necesaria para lograr la viabilidad del sistema asegurador en sí mismo, constituyéndose en la base imprescindible de su funcionamiento solvente. Es así que, el reaseguro constituye la columna vertebral del seguro, particularmente para empresas que no cuenten con la capacidad de asumir a retención riesgos de grandes sumas aseguradas.

II.2 Función del reaseguro.

Desde el punto de vista comercial, el reaseguro presta un valioso auxilio al seguro directo, toda vez que le permite a las aseguradoras desarrollar sus negocios prácticamente sin limitaciones, tomando coberturas por valores que superan en mucho su capacidad económica individual, ya que agrega a la suya la capacidad que le proveen sus reaseguradores. (Fernández Diurbe, 1992)

Dado lo anterior, se puede decir que el reaseguro cumple una función económica importante, particularmente para empresas con una pequeña capacidad a retención propia, pues gracias al reaseguro, son capaces de competir con éxito o por lo menos tener herramientas para poder hacer frente a la competencia que representan las empresas aseguradoras con mayor capacidad de retención. (Heglin, y otros, 1997)

Otra importante función del reaseguro es que puede proveer de conocimientos a las aseguradoras. Por ejemplo, si se funda una nueva aseguradora, el reasegurador puede proveer de experiencia, además de la capacidad económica a esa nueva empresa. Generalmente, los reaseguradores organizan con frecuencia cursos de capacitación, talleres, seminarios, presentaciones, etc., ya sea al mercado asegurador en general o bien, para casos especiales por aseguradora.

II.3 Tipos de reaseguro desde el punto de vista técnico.

A través de los años, el reaseguro ha ido creando diferentes formas técnicas destinadas a proveer diferentes tipos de protección, adecuados a las finalidades también diversas pero que tienen el mismo objetivo: la estabilidad técnica y financiera de la entidad aseguradora reasegurada. (Fernández Diurbe, 1992)

Las modalidades técnicas del reaseguro pueden ser clasificadas para su estudio en dos grandes grupos: reaseguros proporcionales y no proporcionales.

II.3.1 Reaseguros proporcionales (o de riesgos).

Dentro del primer grupo, se puede decir que se caracteriza como reaseguros de riesgos, mientras que el segundo, es decir, los reaseguros no proporcionales, puede clasificarse como reaseguros de siniestros.

Los reaseguros proporcionales son coberturas “de riesgos”, dado que el asegurador directo transfiere al reasegurador una determinada porción de las responsabilidades que ha asumido en las pólizas que componen su cartera. En este caso, el reasegurador coparticipa en cierta medida, en el riesgo inherente de cada póliza cedida, acompañando la suerte que corre individualmente caso por caso, su cedente. (Fernández Diurbe, 1992)

Por lo tanto, puede decirse que desde el punto de vista económico, los reaseguros proporcionales funcionan exactamente igual que un coaseguro, sólo que con una enorme diferencia jurídica. Mientras que en el coaseguro existen tantos contratos o pólizas como coaseguradores participen en la póliza de seguro y no hay solidaridad entre ellos, generándose para el asegurado un vínculo individual con cada uno de los coaseguradores. En el reaseguro proporcional el asegurado tiene un solo vínculo jurídico, el cual está constituido por su relación contractual exclusiva con su asegurador. El reasegurador no es parte del contrato establecido entre el asegurado original y la aseguradora, aunque participe de las indemnizaciones a pagar. Las obligaciones del reasegurador se limitan sólo con el asegurador directo, no con el asegurado original.

Los reaseguros de riesgos o proporcionales, se clasifican bajo dos formas diferentes:

- de Cuota-parte (llamados también en participación pura),
- y de Excedentes o de reaseguro de sumas.

II.3.1.1 Reaseguros de Cuota-parte.

Son aquellos que obligan al asegurador a una cesión del riesgo en un porcentaje fijo y uniforme, de todas y cada una de las pólizas emitidas y cedidas al contrato. Con esto, prácticamente se está haciendo socio al reasegurador en una porción de la cartera de riesgos objeto del contrato, ya que comparte una fracción del riesgo de cada operación. Se comparten tanto primas como los posibles siniestros que llegasen a ocurrir a los riesgos incluidos en el contrato. (Fernández Diurbe, 1992)

Se podría decir que este esquema podría ser notablemente favorable al reasegurador, pues recibe igual participación de los riesgos buenos, regulares o malos, no pudiendo la cedente aplicar ningún criterio de selección.

Ejemplo de un contrato Cuota-parte.

Suponga que una cedente ha convenido un contrato de reaseguro Cuota-parte con reasegurador(es). Las características principales de dicho contrato son:

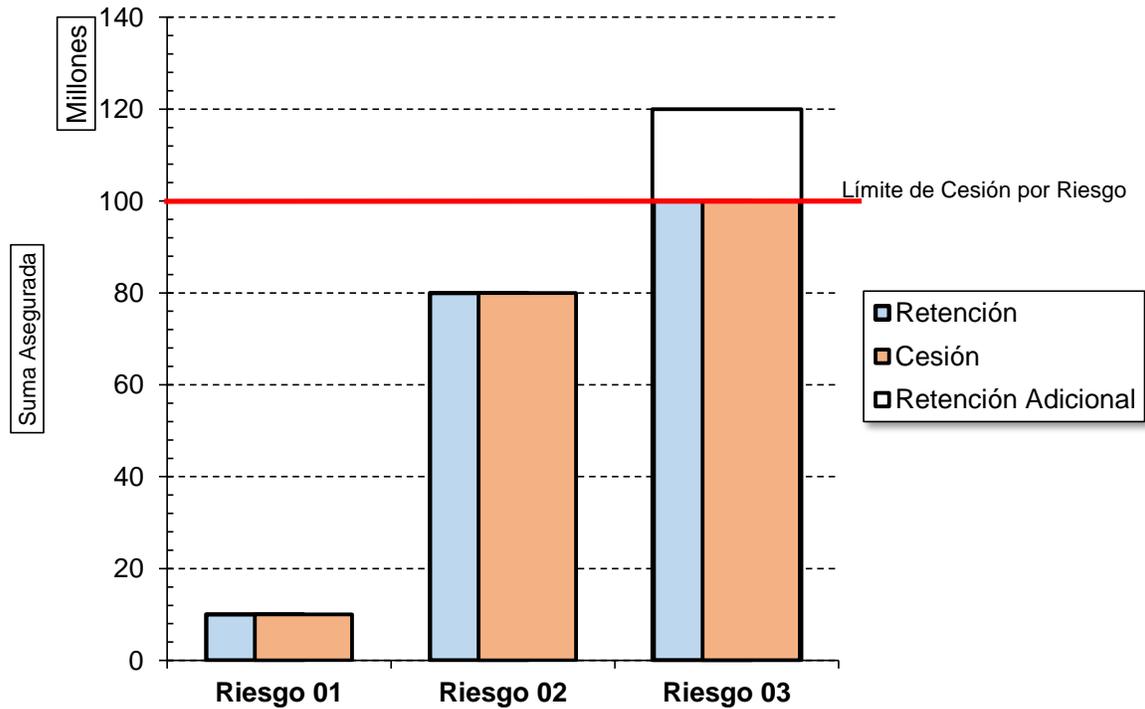
Clase de negocio:	Todo bien, toda propiedad del asegurado original, incluyendo: edificios, contenidos y pérdidas consecuenciales.
Riesgos cubiertos:	Peligros inherentes al ramo de incendio y riesgos aliados, con excepción de los riesgos de Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos.
Territorio:	República Mexicana, incluyendo intereses en el extranjero de Ciudadanos y/o Compañías Mexicanas.
Moneda:	Pesos Mexicanos
Límite de responsabilidad por riesgo:	MN 100,000,000
Cesión:	60% parte del 100%
Retención	40% parte del 100%
Exclusiones	Cualquier peligro diferente de los inherentes al ramo de incendio y riesgos aliados. Pérdidas por Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos. Riesgos y bienes de los ramos de aviación, transportes, marítimo (caso y responsabilidad civil), ramos técnicos, ramos diversos, responsabilidad civil y todo aquel riesgo o bien mueble o inmueble que se deba cubrir en los ramos anteriormente citados.

Supongamos que la cedente ha suscrito tres riesgos que pueden cederse al contrato, considerando las siguientes características:

	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Suma asegurada	MN 10,000,000	MN 80,000,000	MN 120,000,000
Cesión a reaseguro	MN 6,000,000	MN 48,000,000	MN 60,000,000
Retención	MN 4,000,000	MN 32,000,000	MN 40,000,000
Retención adicional			MN 20,000,000
Prima total	MN 10,000	MN 80,000	MN 120,000
Prima cedida	MN 6,000	MN 48,000	MN 72,000
Prima retenida	MN 4,000	MN 32,000	MN 48,000

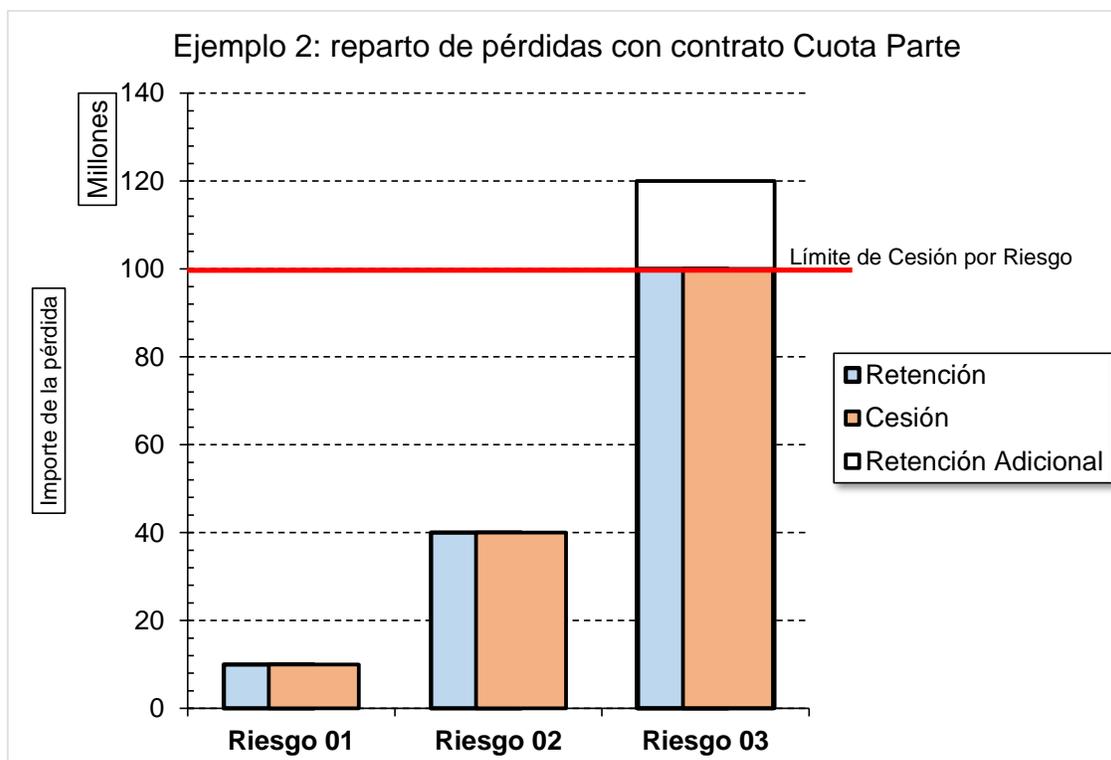
Observe que el Riesgo 3 excede el límite del contrato (MN 100,000,000). Debido a ello, la cedente deberá de llevar una retención adicional de MN 20,000,000. Esto suponiendo que la cedente no cuente con otra protección que le permita hacer la suscripción de los 20 Millones adicionales.

Ejemplo 1: cesión de riesgos a contrato Cuota Parte



Veamos qué sucedería si se presentan siniestros en esos riesgos.

	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Pérdida	MN 10,000,000	MN 40,000,000	MN 120,000,000
Recuperación del contrato Cuota-parte	MN 6,000,000	MN 24,000,000	MN 60,000,000
Retención	MN 4,000,000	MN 16,000,000	MN 40,000,000
Retención adicional			MN 20,000,000



De estos ejemplos, se concluye que del total de los tres siniestros MN 170,000,000 la cedente puede recuperar del contrato Cuota parte hasta MN 90,000,000, quedando MN 80,000,000 a retención. Si hubiere un contrato adicional cubriendo el excedente de suma asegurada, la retención de la cedente deberá de ser menor.

II.3.1.2 Reaseguros de Excedentes.

Bajo este tipo de contratos, se transfiere parte de las responsabilidades asumidas, no para todas las pólizas de una cartera o portafolio de riesgos, y la cesión se realiza sólo para aquellas pólizas que la cedente decida, así como en qué medida. En cada caso, se parte de una suma que la cedente resuelve tomar a su exclusivo cargo en cada operación, y se cede el excedente hasta el total de la suma asegurada convenida para el contrato, resultando así un porcentaje variable en cada póliza, pues se parte de valores absolutos (retención y suma asegurada), que comparados arrojan coeficientes diferentes en cada caso. (Fernández Diurbe, 1992)

Se observa que éste también es un caso de reaseguro de riesgos, pues se comparte el riesgo en determinada proporción, aunque ésta es variable en cada operación.

La porción del riesgo retenida por el asegurador en los reaseguros de excedentes constituye lo que comúnmente se conoce como pleno de retención o simplemente pleno, cuyo monto depende de una cantidad de factores técnicos y económico-financieros, así como del apetito de riesgo que tenga la cedente. Dichos plenos generalmente se fijan en Tablas de Plenos, que determinan el monto retenible en cada tipo de riesgo, ramo por ramo.

Ejemplo de un contrato Excedente combinado con un Cuota-parte.

Suponga que una cedente ha convenido un contrato de reaseguro de Excedentes con reasegurador(es). Las características principales de dicho contrato son:

Clase de negocio:	Todo bien, toda propiedad del asegurado original, incluyendo: edificios, contenidos y pérdidas consecuenciales.
Riesgos cubiertos:	Peligros inherentes al ramo de incendio y riesgos aliados, con excepción de los riesgos de Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos.
Territorio:	República Mexicana, incluyendo intereses en el extranjero de Ciudadanos y/o Compañías Mexicanas.
Moneda:	Pesos Mexicanos
Pleno de Retención:	MN 100,000,000
Cesión:	Hasta 9 líneas o plenos de retención
Periodo de cobertura:	Del 01 de Junio de 2013 hasta el 30 de Junio de 2014.
Forma de operación:	Por año de suscripción de la póliza original, ya sea un negocio nuevo o de renovación.
Exclusiones	Cualquier peligro diferente de los inherentes al ramo de incendio y riesgos aliados. Pérdidas por Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos. Riesgos y bienes de los ramos de aviación, transportes, marítimo (caso y responsabilidad civil), ramos técnicos, ramos diversos, responsabilidad civil y todo aquel riesgo o bien mueble o inmueble que se deba cubrir en los ramos anteriormente citados.

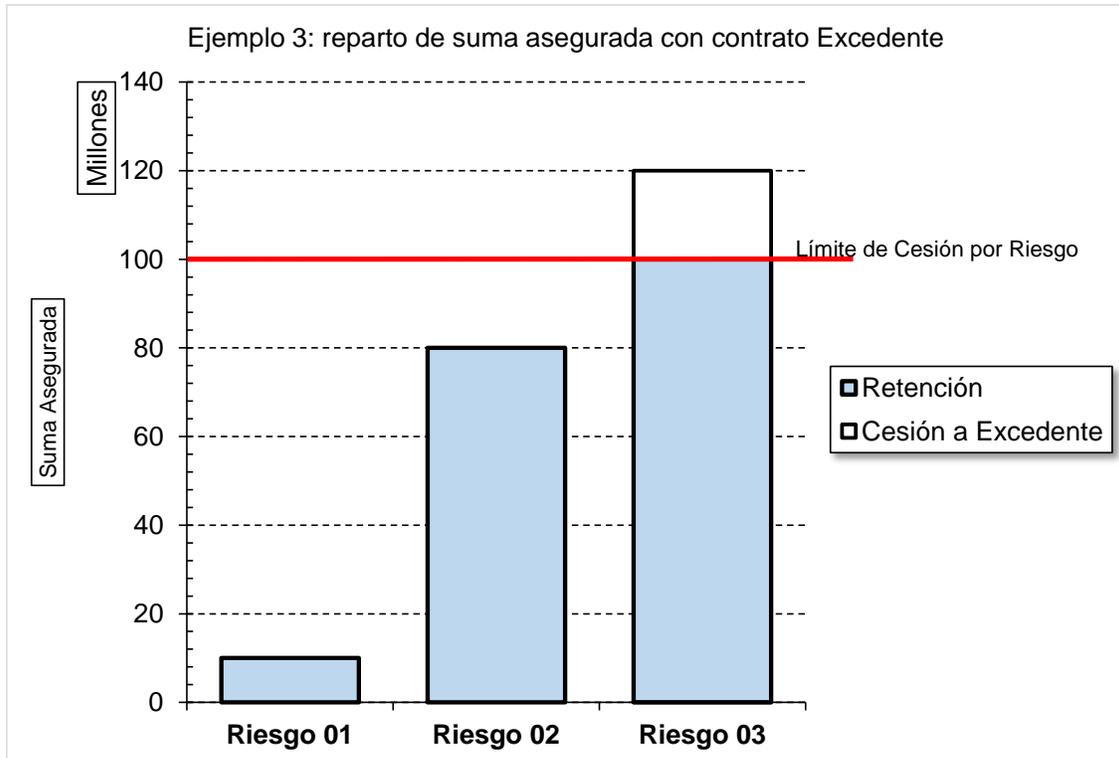
En este caso, la cedente estaría utilizando como pleno de retención los 100 Millones.

La cesión de hasta 10 líneas o plenos, implica que la cedente tiene ahora capacidad automática para suscribir riesgos individuales cuya suma asegurada total no exceda MN 1,000,000,000.

Supongamos que la cedente ha suscrito los mismos tres riesgos citados en el anexo II.3.1.1, con lo cual la cesión a reaseguro queda de la siguiente manera:

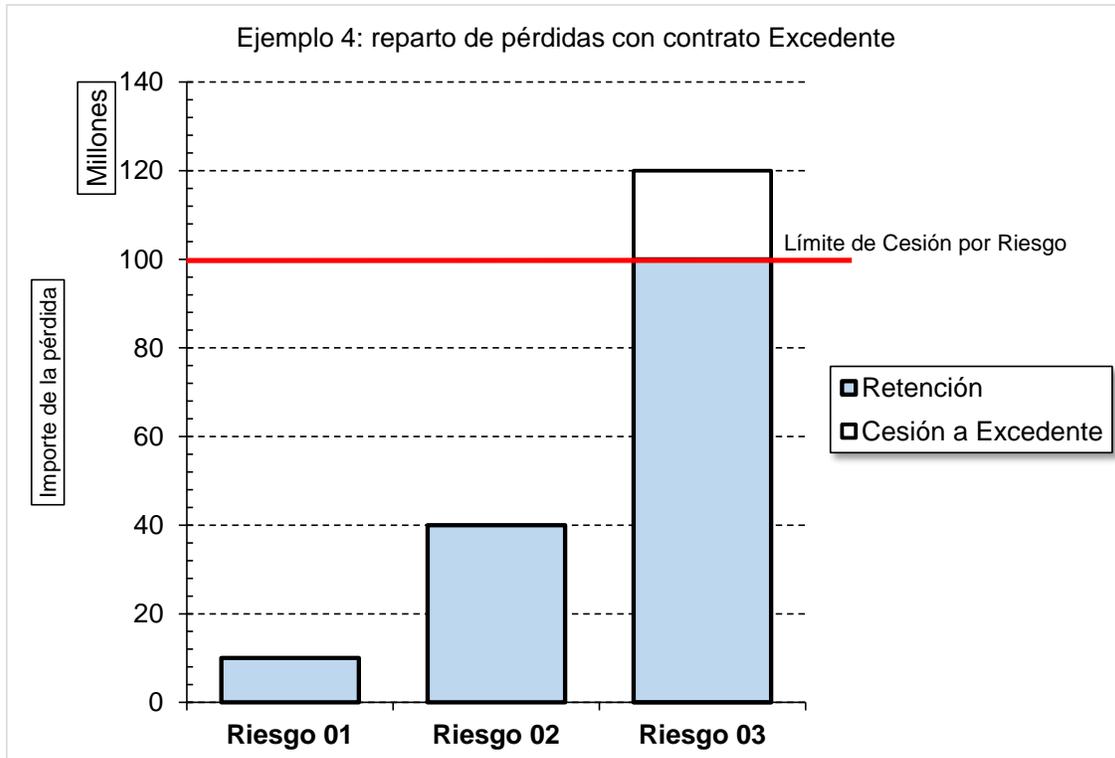
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Suma asegurada	MN 10,000,000	MN 80,000,000	MN 120,000,000
Retención	MN 10,000,000	MN 80,000,000	MN 100,000,000
Cesión a reaseguro			
Excedente			MN 20,000,000
Prima total	MN 10,000	MN 80,000	MN 120,000
Prima cedida Excedente			MN 20,000
Prima retenida	MN 10,000	MN 80,000	MN 100,000

Observe que ahora el excedente de suma asegurada por 20,000,000 del Riesgo 3 está cubierto por el contrato Excedente. Con respecto a la repartición de la prima, observe que se ha repartido en la proporción con respecto a la suma asegurada cedida a cada contrato y la retención.



Veamos qué sucedería si se presentan los mismos siniestros anteriormente considerados:

	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Pérdida	MN 10,000,000	MN 40,000,000	MN 120,000,000
Recuperación del contrato Excedente			MN 20,000,000
Retención	MN 10,000,000	MN 40,000,000	MN 100,000,000



Considerando la inclusión del contrato Excedente, es notable el cambio en el importe a retención para la cedente por 1 suma de los 3 siniestros. Ahora se observa que la cedente podrá recuperar de reaseguradores MN 20,000,000 y le quedará a retención MN 150,000,000.

Se observa que la inclusión del contrato excedente, cambia sustancialmente el panorama financiero para la cedente:

- 1) Le da mayor capacidad automática y por ende, podría suscribir riesgos de mayor suma asegurada, pero sin exceder el total de Mil Millones.
- 2) En caso de siniestros, si sólo se incluye el contrato Excedente le representa un mayor costo neto de siniestros a retención.

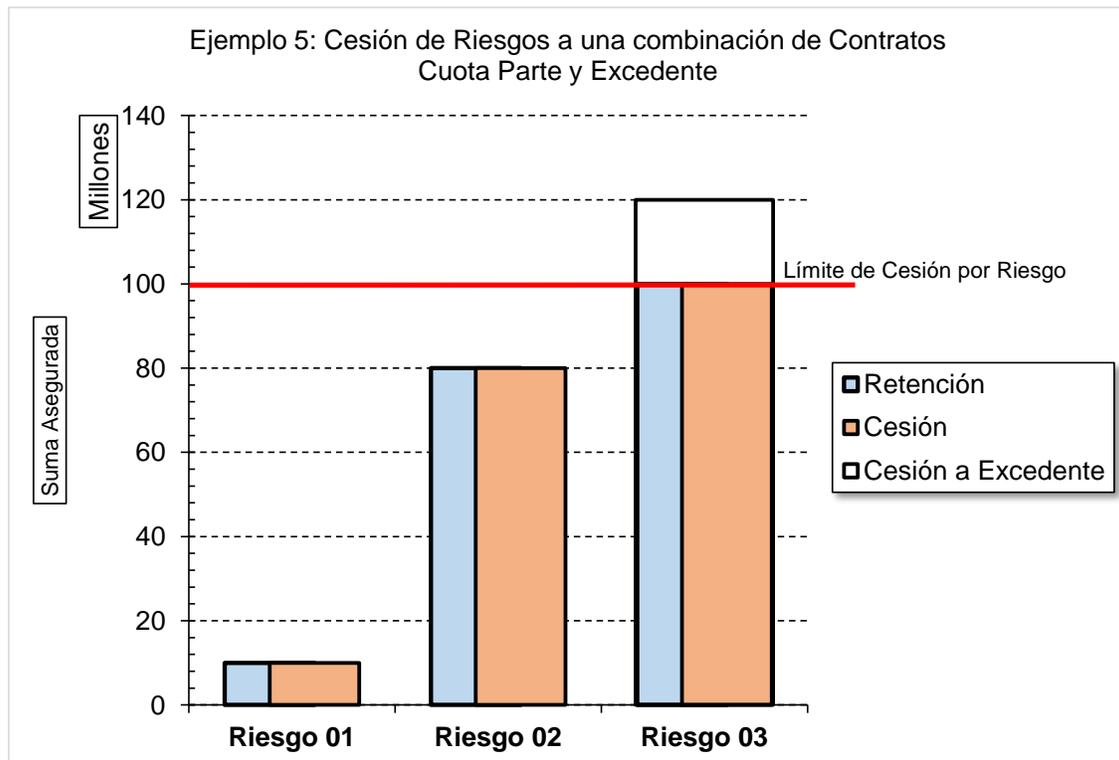
II.3.1.3 Combinación de Cuota-parte y Excedente.

En la práctica, es común que los programas de reaseguro se configuren de tal manera que, los contratos excedentes comiencen a operar a partir que se extinga o sature el límite de responsabilidad máximo por riesgo individual amparado por los contratos Cuota-parte.

En esos casos, la retención de los contratos excedentes se fija a partir de la suma asegurada máxima por riesgo definida para el contrato cuota parte. Sin embargo, la retención máxima por riesgo de la cedente está dada por el porcentaje de retención establecido en el contrato Cuota-parte.

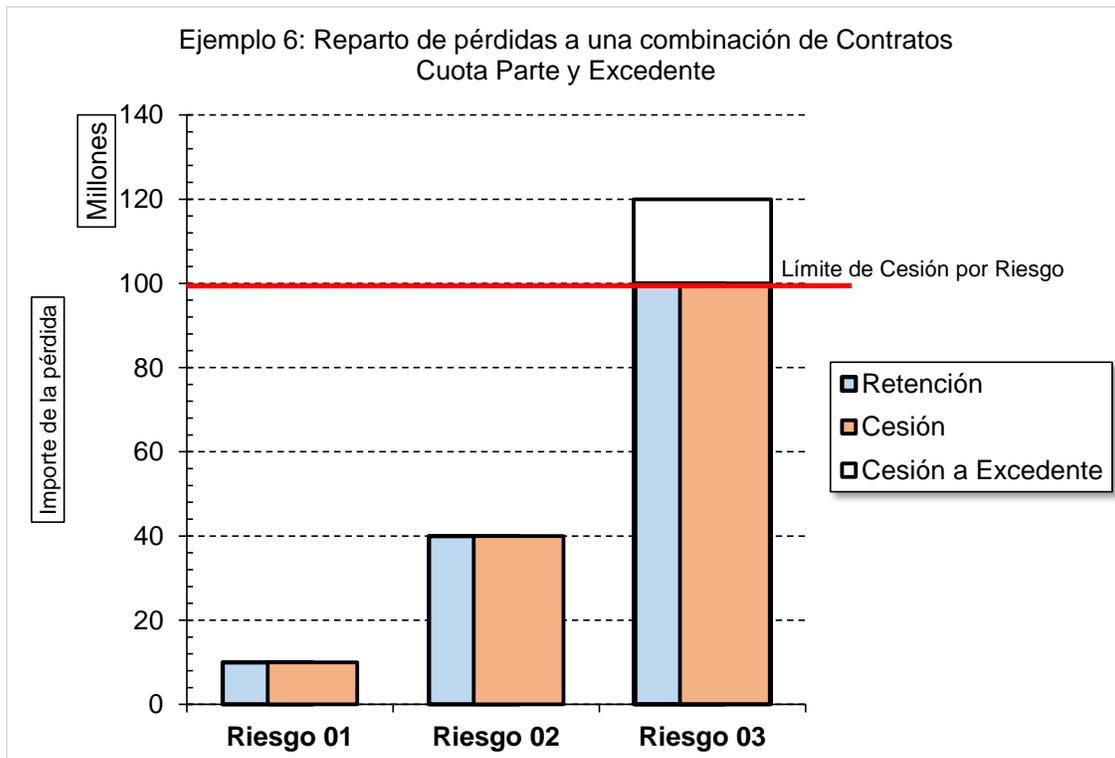
Retomando los datos de los ejemplos anteriores, considerando la combinación del contrato cuota parte con el contrato excedente el reparto de las sumas aseguradas queda como sigue:

	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Suma asegurada	MN 10,000,000	MN 80,000,000	MN 120,000,000
Retención	MN 4,000,000	MN 32,000,000	MN 40,000,000
Cesión a reaseguro			
Cuota parte	MN 6,000,000	MN 48,000,000	MN 60,000,000
Excedente			MN 20,000,000
Prima total	MN 10,000	MN 80,000	MN 120,000
Prima cedida Cuota parte	MN 6,000	MN 48,000	MN 60,000
Prima cedida Excedente			MN 20,000
Prima retenida	MN 4,000	MN 32,000	MN 40,000



En la siguiente tabla se observa el cambio en la retención de la aseguradora por las mismas pérdidas al considerar una estrategia que incluye la combinación de contratos cuota parte y excedente

	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Pérdida	MN 10,000,000	MN 40,000,000	MN 120,000,000
Recuperación del Cuota parte	MN 6,000,000	MN 24,000,000	MN 60,000,000
Recuperación del Excedente			MN 20,000,000
Retención	MN 4,000,000	MN 16,000,000	MN 40,000,000



Considerando esta combinación de contratos, el resultado a retención para la aseguradora cambia sustancialmente, pues la pérdida a retención disminuye a 60,000,000 con respecto a los 80,000,000 de la cesión únicamente a cuota parte o versus la retención de 150,000,000 si solo se consigue un contrato excedente.

De los datos anteriores, se puede decir que una combinación de contratos de reaseguro ayuda a la aseguradora a optimizar tanto la capacidad de suscripción como el resultado neto a retención.

II.3.2 Reaseguros no-proporcionales (o de siniestros).

Se les conoce así, porque su cobertura ampara la caja del asegurador directo. El reasegurador no participa en cada riesgo, sino que auxilia a la cedente cuando su desembolso neto en cada siniestro o con motivo de un mismo acontecimiento, supera determinado importe. Dado lo anterior, se puede decir que los reaseguros no proporcionales significan fundamentalmente un auxilio financiero o, en algunos casos, una limitación a uno de los factores más importantes del costo de operación, como son los siniestros en forma global. (Fernández Diurbe, 1992)

Como para los reaseguros no proporcionales no existe cesión de parte del riesgo asumido por cada operación, tampoco corresponde ceder porción alguna de la prima de la póliza original. Lo que corresponde en este tipo de contratos de reaseguro es el pago de una prima distinta y autónoma, que resulta generalmente de un cálculo especial.

Los reaseguros no proporcionales pueden clasificar de diferentes maneras. A continuación se describirán los tipos de coberturas no proporcionales utilizados con mayor frecuencia.

II.3.2.1 Reaseguros de Exceso de Pérdida por Riesgo (Working Excess of Loss - WXL).

Este tipo de cobertura de reaseguro constituye una forma de reaseguros de excedentes, pues sólo cubre los siniestros pagados por arriba de un importe denominado prioridad o retención. Este tipo de coberturas también es conocido como Cobertura de Trabajo o Cobertura Operativa por Riesgo (WXL – Per Risk Working Excess of Loss Cover). (Fernández Diurbe, 1992)

Cuando la prioridad es un importe por debajo de la media de las sumas aseguradas en la cartera de un ramo, la cobertura funciona para casi todos los siniestros más o menos importantes, como en una cobertura de Excedentes con un pleno medio, sin requerirse una pérdida elevada, ni una acumulación de pólizas afectadas simultáneamente por un mismo hecho o evento.

Ejemplo: suponga que una cedente ha convenido un contrato de reaseguro operativo en exceso de pérdida con reasegurador(es). Las características principales de dicho contrato son:

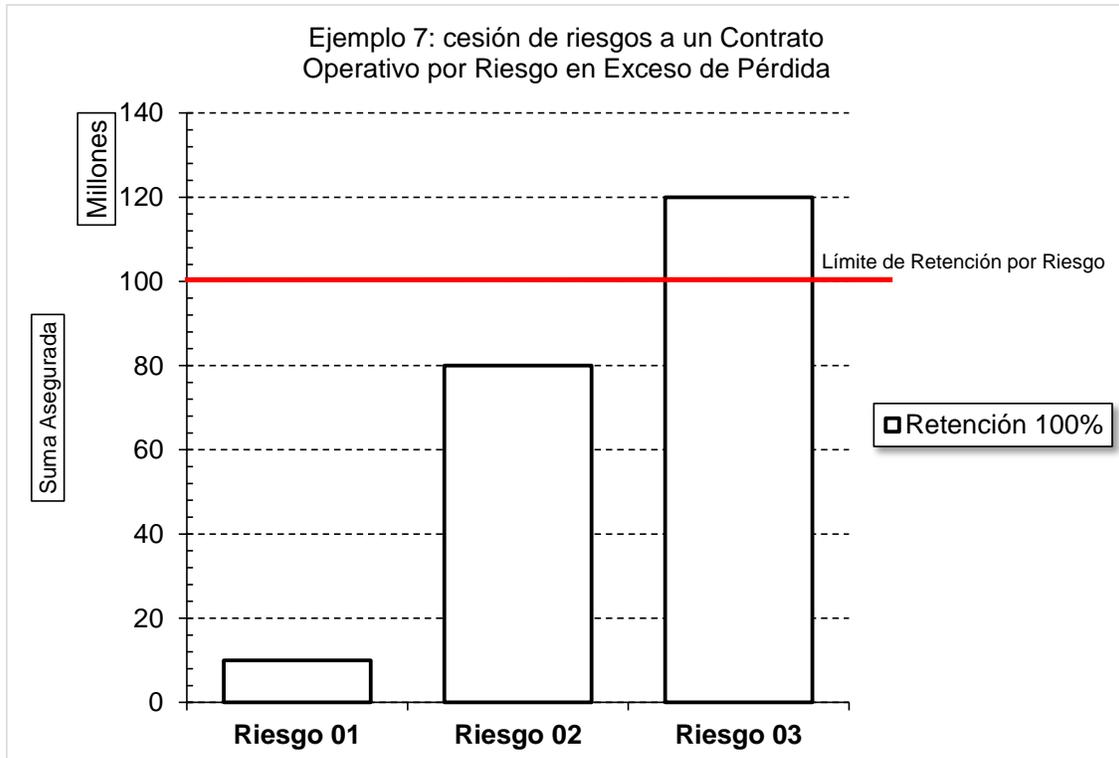
Clase de negocio:	Todo bien, toda propiedad del asegurado original, incluyendo: edificios, contenidos y pérdidas consecuenciales.
Riesgos cubiertos:	Peligros inherentes al ramo de incendio y riesgos aliados, con excepción de los riesgos de Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos.
Territorio:	República Mexicana, incluyendo intereses en el extranjero de Ciudadanos y/o Compañías Mexicanas.
Moneda:	Pesos Mexicanos.
Tipo:	Reaseguro en exceso de pérdida operativo.
Límite:	MN 900,000,000 en exceso de MN 100,000,000.
Reinstalaciones:	Hasta 3 con prima adicional al 100%, sin restricciones de tiempo.
Prima al 100%:	MN 900,000.
Prima mínima de depósito:	MN 810,000.
Periodo de cobertura:	Del 01 de junio de 2013 hasta el 30 de junio de 2014, hora y fecha de la sede principal de la cedente.
Forma de operación:	Todos los siniestros ocurridos entre el 01 de Junio de 2013, hasta el 30 de Junio de 2014 inclusive, en la fecha y hora de la sede del Asegurado Original.
Exclusiones	Cualquier peligro diferente de los inherentes al ramo de incendio y riesgos aliados. Pérdidas por Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos. Riesgos y bienes de los ramos de aviación, transportes, marítimo (caso y responsabilidad civil), ramos técnicos, ramos diversos, responsabilidad civil y todo aquel riesgo o bien mueble o inmueble que se deba cubrir en los ramos anteriormente citados.

Observe que en este caso, la cedente podría suscribir riesgos individuales de hasta 1,000,000,000, equivalente al contrato excedente descrito en el apartado II.3.1.2. Sin embargo, existen varios factores importantes a considerar para la cedente.

- 1) Existe una prima (MN 900,000) que se debe de pagar a inicio de vigencia. ¿Qué pasaría si por cualquier motivo, la cedente no pudiera acumular en el año ese importe de primas provenientes de la suscripción del ramo cubierto por este contrato? Claramente habría un déficit en los resultados netos de operación.
- 2) En caso que los siniestros individuales no excedan la retención (MN 100,000,000 por siniestro individual), no hay posibilidad para la cedente de recuperar importes menores a dicha cota.
- 3) Al momento de presentarse un siniestro que agote el límite de responsabilidad de este contrato (ya sea parcial o totalmente), la cedente deberá de pagar la prima de reinstalación para poder contar con cobertura, por si hubiere otro evento que pudiera agotar nuevamente el límite de responsabilidad, ya sea parcial o totalmente.
- 4) El número de reinstalaciones está limitado a 3, lo que implica que la cedente podría recuperar de reaseguro máximo hasta 4 pérdidas totales para este contrato. Si se excede de 4 pérdidas totales en el período de cobertura, los reaseguradores de este tipo de contratos se reservan el derecho de hacer un nuevo contrato y si lo hacen, seguramente será considerando condiciones y primas muy diferentes a las originalmente pactadas, debido a la probada mala experiencia de siniestralidad del contrato.
- 5) Usualmente, los reaseguradores de contratos proporcionales no permiten que éstos se utilicen como retención para coberturas en exceso de pérdida. Esto implica que, los primeros 100 Millones de cada pérdida quedarán a retención de la Cedente, sin posibilidad de recuperar de reaseguradores, ni de los contratos proporcionales.

Retomando los ejemplos anteriores, se tendrían los siguientes escenarios:

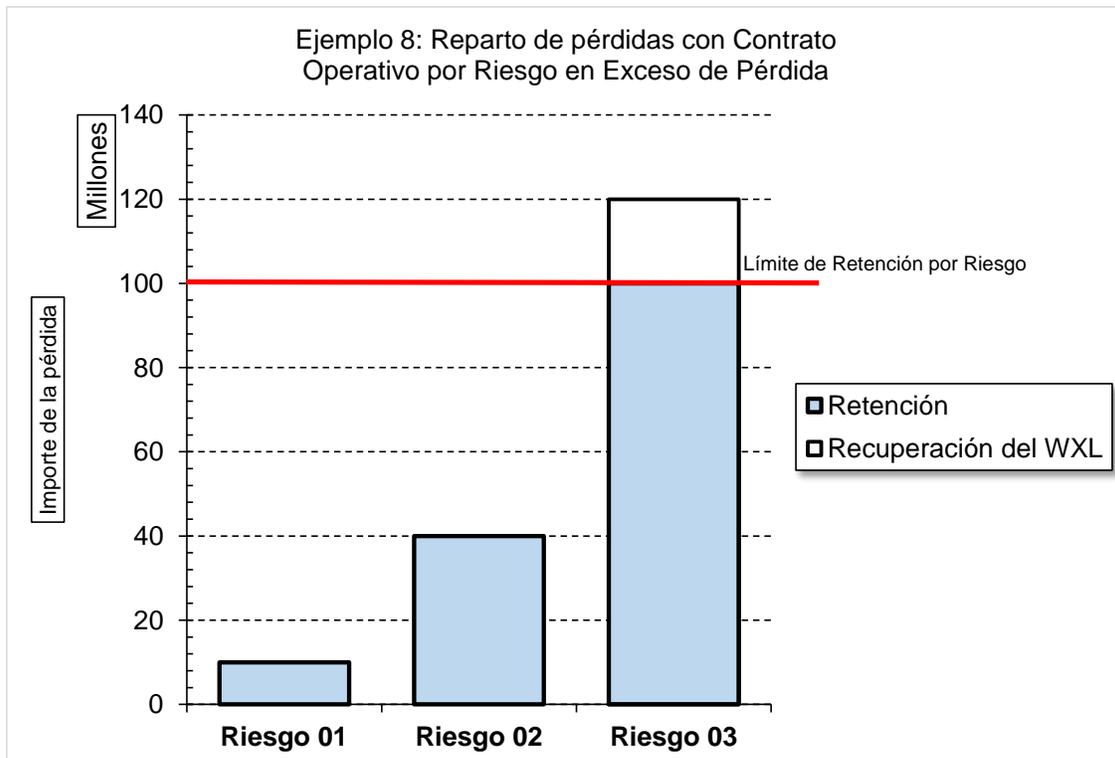
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Suma asegurada	MN 10,000,000	MN 80,000,000	MN 120,000,000
Retención	MN 10,000,000	MN 80,000,000	MN 120,000,000
Prima total	MN 10,000	MN 80,000	MN 120,000
Prima retenida	MN 10,000	MN 80,000	MN 120,000



Observe que ahora el total de la prima y la suma asegurada de cada uno de los riesgos queda en la retención de la aseguradora, dada la forma de operación del contrato operativo por riesgo en exceso de pérdida.

Veamos qué sucedería si se presentan los mismos siniestros del anexo II.3.1.1.

	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3
Pérdida	MN 10,000,000	MN 40,000,000	MN 120,000,000
Recuperación del contrato operativo en exceso de pérdida por riesgo			MN 20,000,000
Retención	MN 10,000,000	MN 40,000,000	MN 100,000,000



Considerando la inclusión del contrato operativo en exceso de pérdida por riesgo, es notable el cambio en el importe a retención para la cedente por la suma de los 3 siniestros. Ahora se observa que la cedente podrá recuperar de reaseguradores MN 20,000,000 y le quedará a retención MN 150,000,000. A este costo de siniestros, hay que agregar los costos de la cobertura operativa en exceso de pérdida por riesgo más el costo de la reinstalación de la cobertura.

Con ello, el costo de operación asciende a 150,000,000 más 810,000 más la prima de reinstalación correspondiente. Aún más hay que incluir gastos de adquisición más gastos de administración y la creación de las reservas de siniestros necesarias.

Claramente se observa en este caso que, el esquema en exceso de pérdida bajo estas características podría no resultar favorable para los resultados de la cedente.

II.3.2.2 Reaseguros de Exceso de Pérdida por Acontecimiento y/o Reaseguros de Exceso de Pérdida por Catástrofe (Catastrophe Excess of Loss - XL CAT).

Este tipo de cobertura presenta diferencias importantes con respecto a la cobertura anterior. Para los reaseguros de pérdida por acontecimiento o evento, se requiere que dos o más riesgos físicos espacialmente aislados sean afectados por el mismo evento para que la protección funcione, pues normalmente se establece una prioridad de un nivel tal que, generalmente deben de ser afectadas simultáneamente varios riesgos o ubicaciones de valor medio para que se genere responsabilidad para el reasegurador. (Fernández Diurbe, 1992)

En el caso de una cobertura de catástrofes, el requisito de la acumulación tiene carácter contractual expreso y además, generalmente la prioridad tiene un valor tal que necesariamente, deben resultar afectados varios riesgos individuales en un mismo evento para que funcione la cobertura.

Ejemplo de Reaseguro de exceso de pérdida por evento y/ó por Catástrofe (XL-CAT).
 Suponga que una cedente ha convenido un contrato de reaseguro de exceso de pérdida por evento con reasegurador(es). Las características principales de dicho contrato son:

Clase de negocio:	Todo bien, toda propiedad del asegurado original, incluyendo: edificios, contenidos y pérdidas consecuenciales.
Riesgos cubiertos:	Peligros a los riesgos de Terremoto, Erupción Volcánica, Fenómenos Hidrometeorológicos.
Territorio:	República Mexicana, incluyendo intereses en el extranjero de Ciudadanos y/o Compañías Mexicanas.
Moneda:	Pesos Mexicanos.
Tipo:	Reaseguro en exceso de pérdida catastrófico.
Límite:	MN 99,200,000,000 por evento en exceso de MN 800,000,000 por evento De la pérdida neta final resultante de la acumulación de las pérdidas netas finales individuales acontecidas como consecuencia de un mismo evento, ocasionado por los riesgos cubiertos.
Garantía:	Dos riesgos.
Reinstalaciones:	Hasta 2 con prima adicional al 100%, sin restricciones de tiempo.
Prima al 100%:	MN 317,440,000. (Tasa es 3.2%)
Prima mínima de depósito:	MN 285,696,000 (el 90% de la prima al 100%).
Agregados en Zona Crítica:	Al 01 de junio de 2013: Terremoto y Erupción volcánica: MN 920,000,000,000 Fenómenos Hidrometeorológicos: MN 450,000,000,000 Total MN 1,370,000,000,000 Estimado al 31 de mayo de 2014: Terremoto y Erupción volcánica: MN 1,022,000,000,000 Fenómenos Hidrometeorológicos: MN 500,000,000,000 Total MN 1,522,000,000,000
Tasa de ajuste:	0.032% de los Agregados Netos Finales Totales en Zona Crítica a las 24:00 hrs del 31 de mayo de 2014. Se deberá tomar la suma de los Agregados en Zona Crítica de Terremoto y Erupción Volcánica más Fenómenos Hidrometeorológicos para la evaluación.
Periodo de cobertura:	Del 01 de junio de 2013 hasta el 31 de mayo de 2014, hora y fecha de la sede principal de la cedente.
Forma de operación:	Todos los siniestros ocurridos entre el 01 de Junio de 2013, hasta el 31 de mayo de 2014 inclusive, en la fecha y hora de la sede del Asegurado Original.
Exclusiones	Cualquier pérdida ocasionada por peligros diferentes de: a) Terremoto, Erupción Volcánica, y b) Fenómenos Hidrometeorológicos.

Observe que en la sección correspondiente al límite, aparece ahora la frase: “de la pérdida neta final resultante de la acumulación de las pérdidas netas finales individuales acontecidas como consecuencia de un mismo evento, ocasionado por los riesgos cubiertos”. Esa redacción específica que el contrato ampara el agregado de las pérdidas individuales resultantes de la ocurrencia de un mismo evento cuyos peligros se amparan en el contrato.

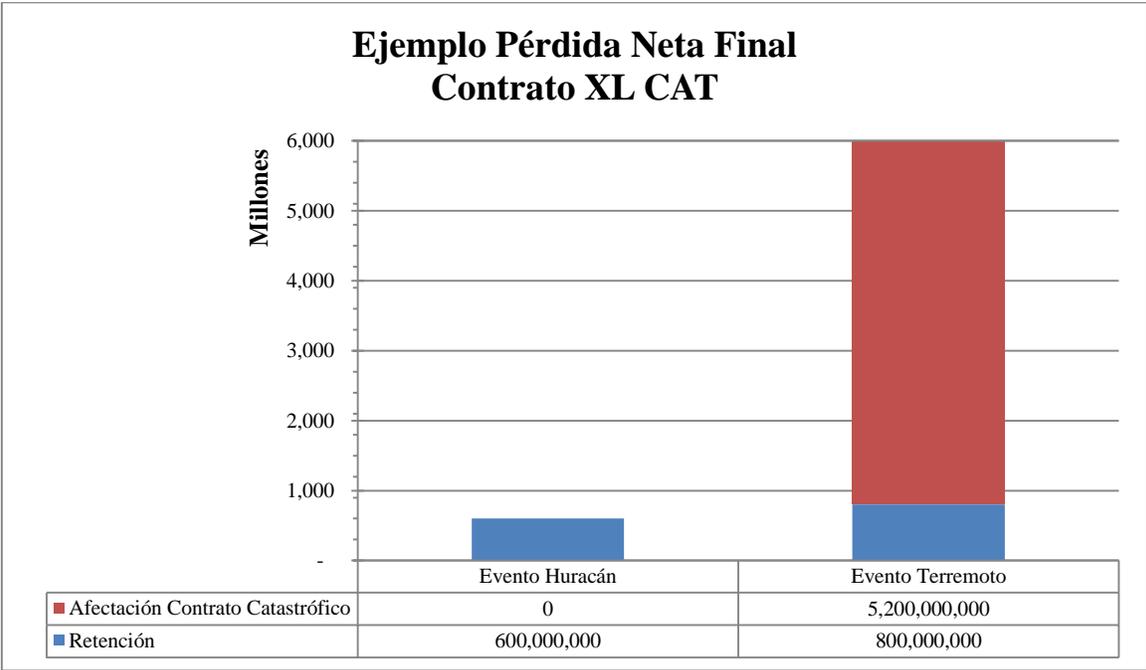
Observe que también aparece la sección Garantía: dos riesgos. Esto implica que, por lo menos dos riesgos individuales deben de ser afectados como consecuencia del mismo evento.

Otro factor nuevo que aparece para este ejemplo es la sección: Agregados en Zona Crítica. Se observa que se especifican los montos para cada peligro amparado por separado, cada uno de ellos específicos para dos fechas en particular. La razón de que aparezca este concepto se debe a que, el costo del contrato se calcula con base a esos agregados en zona crítica, que representa la exposición máxima del contrato en términos de valores expuestos en las fechas específicas.

También se observa que aparece la sección Tasa de ajuste. El objetivo de esta sección es especificar que, en caso de que a la fecha de evaluación (24:00 horas del 31 de mayo de 2014) los agregados netos finales excedan los montos estimados señalados, el reasegurador tendrá derecho a cobrar una prima adicional, llamada prima de ajuste, calculada con base a la tasa especificada, aplicable sobre los excedentes de los agregados netos finales, que corresponden a la exposición real final del contrato (en términos de valores expuestos).

Supongamos ahora el siguiente escenario de pérdidas:

Evento	Huracán	Terremoto
Fecha evento:	31/agosto/2013	30/septiembre/2013
Pérdida neta final:	600,000,000	6,000,000,000
Retención cedente:	600,000,000	800,000,000
Recuperable de reaseguro:	0	5,200,000,000
Prima de reinstalación:	0	179,422,608.7



La prima de reinstalación se calculó con la siguiente fórmula:

$$(5,200,000,000 \div 9,200,000,000) \times 317,440,000 = 179,422,609$$

Por el evento de terremoto es necesario reinstalar 5,200,000,000 que se recuperaron de la pérdida neta final de reaseguro. Esto, para poder contar nuevamente con el monto completo pactado para la cobertura CAT-XL.

Hasta este punto, el costo para la cedente asciende a:

Prima original, mínima de depósito:	285,696,000
Retención del evento por terremoto:	800,000,000
Reinstalación de la cobertura XL-CAT:	179,422,609
Total:	1,265,118,609

Ahora, suponga que ha transcurrido el tiempo hasta llegar al 01 de Junio de 2014. Debido a las secciones Agregados en Zona Crítica y Tasa de Ajuste, es necesario que la cedente informe a reaseguradores los Agregados en Zona Crítica evaluados a las 24:00 del 31 de mayo de 2014. La cedente informa el 30 de junio 2014 a reaseguradores lo siguiente:

Agregado Zona Crítica Terremoto y Erupción Volcánica al 31 de Mayo 2014: 1,500,000,000,000
Agregado Zona Crítica Fenómenos Hidrometeorológicos al 31 de Mayo 2014: 510,000,000,000
Total Agregados Zona Crítica al 31 de Mayo 2014: 2,010,000,000,000

La prima de ajuste se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Total Agregados en Zona Crítica} \times 0.032\%$$

Sustituyendo términos en la fórmula anterior se tiene:

$$(1,500,000,000,000 + 510,000,000,000) \times 0.1\% = 643,200,000$$

Pero a esta prima de ajuste se le deduce el importe originalmente cubierto por la cedente

$$643,200,000 - 285,696,000 = 357,504,000$$

Que para efecto de evaluación de costos inherentes al contrato CAT – XL se deben de agregar a los MN 1,265,118,608.7. Por ende, el costo total para la cedente por la celebración y ejecución del contrato catastrófico asciende a MN 1,622,622,608.7.

Supongamos que los agregados totales en zona crítica al 31 de mayo de 2014 hubiesen resultado menores que los MN 1,370,000,000,000, que corresponden al total de los agregados al 01 de junio 2013. En este caso, de acuerdo a la práctica comúnmente establecida en la operación, el ajuste de primas al concluir la vigencia del contrato no se hubiese realizado, con lo cual el costo total inherente a la celebración y ejecución del contrato debería de ser MN 1,265,118,608.7.

II.3.2.3 Reaseguros de Limitación de Siniestralidad por Ramo (Stop Loss).

Este tipo de cobertura puede aplicar por ramo o bien por el total de la operación de la aseguradora. El objeto de la misma es proteger los resultados anuales cuando la siniestralidad de un ramo o del total de la aseguradora supera determinado porcentaje de las primas recaudadas por el asegurador directo durante el periodo anual elegido. (Fernández Diurbe, 1992)

Este tipo de protección está destinada a limitar a un valor prefijado la siniestralidad de un ramo o de la compañía cedente, y en esencia permite dar certeza a uno de los factores básicos del costo del servicio del asegurador, que podría escapar de su control. En teoría, los otros dos componentes: gastos

de administración y de producción -este último también conocido como gastos de adquisición-, en alguna medida se pueden controlar voluntariamente.

Ejemplo de Reaseguro en exceso de pérdida para la limitación de la siniestralidad por ramo (Stop Loss).

Suponga que una cedente ha convenido un contrato de reaseguro en exceso de pérdida para la siniestralidad por ramo. Las características principales de dicho contrato son:

Clase de negocio:	Reaseguro en exceso de pérdida por exceso de siniestralidad (stop loss) para el ramo de incendio y líneas aliadas.
Riesgos cubiertos:	Exceso de siniestralidad para los peligros del ramo de incendio, excluyendo las pérdidas ocasionadas por los peligros catastróficos de la naturaleza, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Terremoto, • Erupción Volcánica, • Fenómenos hidrometeorológicos (huracán, granizo, vientos tempestuosos, Tsunami, inundación), • O cualquier otra pérdida resultante de eventos catastrófica de la naturaleza, comúnmente conocidos como “actos de Dios”.
Territorio:	República Mexicana.
Moneda:	Pesos Mexicanos.
Tipo:	Reaseguro en exceso de pérdida, protegiendo la pérdida en exceso de la prima ganada al 31 de diciembre de 2013.
Límite:	Hasta el 90% del 10% de la Siniestralidad con respecto a la Prima Ganada al 31/Dic./2013, en exceso del 75% de la prima neta suscrita a la misma fecha. Para efectos de este contrato, se define siniestralidad como: $\frac{\text{Siniestros netos ocurridos}}{\text{Prima neta devengada}}$ Donde el numerador y el denominador, se evaluarán con fecha de corte al 31 de diciembre de 2013, reportándose máximo al 31 de marzo de 2014. Siniestros netos ocurridos, corresponde a los siniestros totales, menos los importes recuperados de reaseguradores de los contratos existentes para el ramo de incendio y líneas aliadas. Prima ganada corresponde al total de primas netas nuevas suscritas, ajustes de primas y primas de renovación, correspondientes al ramo de incendio y líneas aliadas y que se haya devengado a la fecha indicada.
Prima al 100%:	Por definir al 31 de marzo de 2013. Tasa: 3% de la prima neta ganada al 31 de diciembre de 2012.

Periodo de cobertura:	Del 01 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2013, hora y fecha de la sede principal de la cedente.
Forma de operación:	Todos los siniestros ocurridos entre el 01 de enero de 2013, hasta el 31 de diciembre de 2013 inclusive, en la fecha y hora de la sede del Asegurado Original.
Exclusiones	<p>Cualquier pérdida ocasionada por peligros diferentes de los peligros cubiertos para el ramo de incendio, enunciado pero no limitado a:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Terremoto, Erupción Volcánica, y b) Fenómenos Hidrometeorológicos. c) “actos de Dios”. d) Seguro marítimo y de transportes de carga. e) Responsabilidad civil general. f) Aviación. g) Diversos técnicos. h) Diversos misceláneos. i) Errores y omisiones. j) Responsabilidad civil profesional.

Para efectos de los cálculos para la operación de este contrato, es necesario definir los siguientes conceptos:

$$PG = PE_n - RRC_n + RRC_{n-1}$$

Donde:

PG = Prima Ganada.

PE_n = Prima emitida en el año n.

RRC_n = Reserva de Riesgos en Curso en el año n.

RRC_{n-1} = Reserva de Riesgos en Curso en el año n-1.

$$SO = SD_n + ONR$$

Donde:

SO = Siniestros Ocurridos

SD_n = Siniestros denunciados en el período y pagados en el mismo o pendientes a su término, que afecten a pólizas emitidas dentro del periodo o en el periodo inmediato anterior.

ONR = Importe de siniestros ocurridos en otros períodos, pero que no se hayan reportado a la aseguradora dentro del periodo de la póliza o, en el periodo de gracia que tiene el asegurado original para realizar el reporte de los siniestros a su asegurador (en México, por Ley, los efectos de la póliza prescriben a los dos años a partir de que el Asegurado tenga conocimiento de los mismos de acuerdo a la Ley Sobre el Contrato de Seguro artículos 81 a 84).

Vamos a suponer un caso hipotético partiendo de los porcentajes citados en la definición de características del contrato. Esto, para comprender numéricamente la forma de operación del contrato.

Siniestros ocurridos = 275,000,000

Primas ganadas = 630,000,000

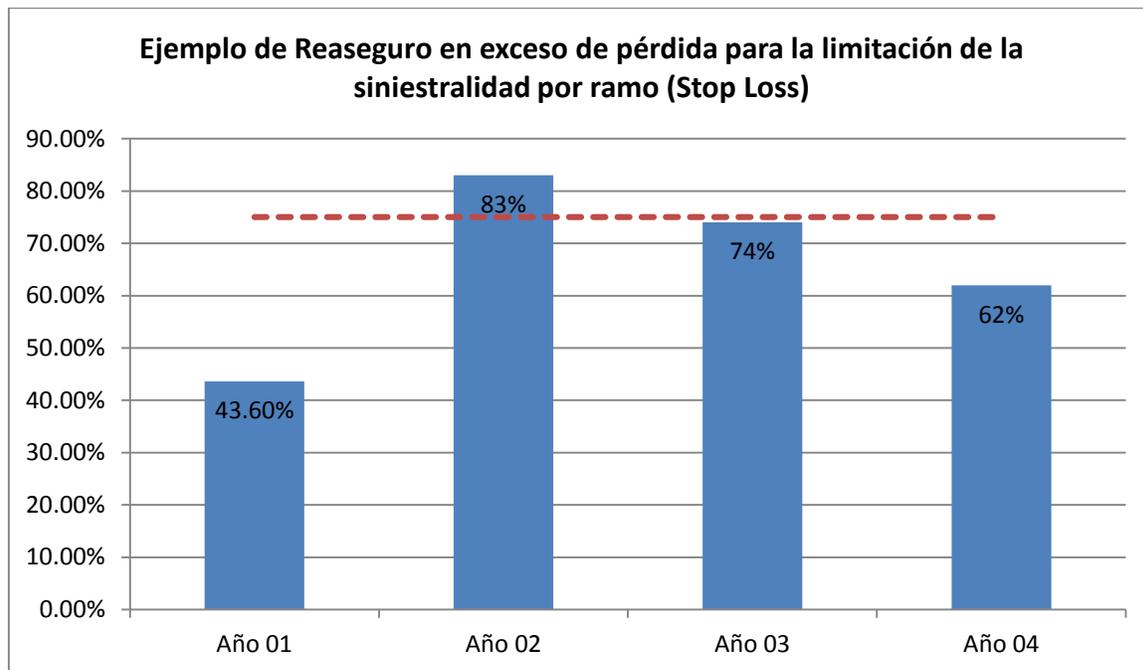
Siniestralidad = 43.6%, que claramente es inferior al 75%.

Supongamos una variante que supere la cota mínima de 75%.

Siniestros ocurridos = 522,900,000

Prima ganada = 630,000,000

Siniestralidad = 83% > 75%. En este caso, si hay afectación a esta cobertura de reaseguro, como se muestra a continuación:



Exceso de siniestralidad: 50,400,000 (8% de 630,000,000)

Límite de la cobertura: 63,000,000 (85% - 75% = 10% de 630,000,000)

A cargo del reasegurador = $0.9 \times 0.1 \times 0.08 \times 630,000,000 = 45,360,000$

A cargo de la cedente = 5,040,000

Con lo cual, la siniestralidad de la cedente neta a retención después de aplicar la recuperación de este contrato es de MN 477,540,000, que equivale al 75.8% con respecto de la prima ganada.

II.3.2.4 Limitación Global de la Siniestralidad por Ejercicio.

Este tipo de cobertura de reaseguro es una variante de la anterior. En lugar de proteger el resultado de la siniestralidad de un ramo, toma la siniestralidad consolidada total del asegurador para todos los ramos que opere la cedente, según se expresa en sus estados de pérdidas y ganancias. (Fernández Diurbe, 1992)

II.3.2.5. Reaseguros Paramétricos.

Este tipo de reaseguros es relativamente nuevo. Como su nombre lo sugiere, el pago de siniestros del reasegurador a la cedente, depende de que la realización de la pérdida sea disparada por la confirmación de uno o más factores. A ese disparador, se le conoce por su nombre en inglés “trigger”. Este tipo de oberturas se emplea, por ejemplo, para casos realmente especiales, para los cuales el impacto económico del siniestro puede llegar a ser realmente oneroso. (Ibarra, 2015)

Actualmente el Gobierno Mexicano tiene contratada una cobertura especial para el riesgo de Terremoto, que obliga a los reaseguradores a pagar los daños, *sí y sólo si*, el epicentro del sismo se encuentra en una región y falla sísmica específicas, si la profundidad del sismo es mayor o igual que una distancia (en kms.) predeterminada, si la magnitud del evento supera determinado número de grados en la escala de Richter y si la pérdida excede cierto importe o prioridad. En este caso específico, existe un disparador de varios componentes. Si no se presenta alguno de ellos, la cobertura no opera.

En el ejemplo anterior, vemos que también existe la condición de que la pérdida rebase cierta prioridad. Por ello, podemos decir que para ese caso en particular, se trata de una cobertura no proporcional, bajo el esquema de exceso de pérdida.

Usualmente, la mayoría de los casos de reaseguro paramétrico operan bajo ese esquema de en exceso de pérdida.

Con lo anterior, se concluye con la descripción de las modalidades técnicas del reaseguro. A continuación se presenta una tabla a manera de resumen de dichas formas de reaseguro.

Clase	Tipo	Naturaleza
Proporcionales	Cuota-parte.	De riesgos.
	Excedentes (sumas).	De riesgos.
No proporcionales	Exceso de Pérdida por riesgo (Working cover – WXL).	De siniestros.
	Exceso de pérdida por acontecimiento.	De acumulación de daños en un siniestro.
	Exceso de pérdida por catástrofe (XL CAT).	De acumulación de siniestros por catástrofe.
	Limitación de siniestralidad por ramo (Stop Loss).	De resultados por ramo.
	Limitación Global de siniestralidad por Ejercicio.	De resultados para la cedente.
Paramétricos.	De siniestros, sí y sólo sí, se comprueba que se han cumplido todas las condiciones señaladas en la póliza y/ó cobertura de reaseguro.	

II.4. Tipos de reaseguro desde el punto de vista operativo.

Ahora se revisará brevemente las formas operativas, por medio de las cuales se concreta la relación jurídica entre la cedente y su(s) reasegurador(es). Es decir, dentro de qué modalidades se concreta el contrato de reaseguro. (Fernández Diurbe, 1992)

Hay dos maneras básicas de establecer o perfeccionar la relación contractual entre cedente y reasegurador:

- El contrato general o contrato propiamente dicho, por medio del cual se establecen para un periodo de tiempo –generalmente anual-, la forma, condiciones, valores y circunstancias bajo las cuales ambas partes convienen o acuerdan cubrir en reaseguro, ya sea parte proporcional de las operaciones, o bien, parte de los siniestros que afecten determinado ramo de la cartera de la cedente, y
- El contrato individual, específico, por medio del cual se cubre en reaseguro una determinada operación, un determinado riesgo,

Por contrato, se entiende como un acuerdo general que abarca un gran número de operaciones futuras, desconocidas al momento del convenio, pero que pueden incluirse en el mismo. Es decir, delimita los derechos y obligaciones de cada parte en el contrato, así como las condiciones generales y particulares del convenio.

En la práctica día a día, el segundo grupo se denomina colocaciones facultativas o simplemente facultativos. El facultativo propiamente dicho, es un contrato individual, sobre una cierta cobertura o riesgo. Se le denomina facultativo, debido a que, básicamente el reasegurador tiene la facultad de aceptar o rechazar el riesgo que se le presente por parte de la cedente.

Comúnmente, el reaseguro facultativo se utiliza para reasegurar una operación individual, que debido a sus características, no puede incluirse en las condiciones, límites u otras características de las comprendidas por un contrato general, si es que éste existe o si existe, la cedente por alguna razón particular o especial, no desea asumir el riesgo por entero o no desea que ese riesgo se incluya en los contratos generales de reaseguro.

También se recurre al reaseguro facultativo cuando la suma asegurada o límite de responsabilidad, rebasa la capacidad de los contratos automáticos de reaseguro.

La característica fundamental de una colocación facultativa, es que la cedente no cuenta con cobertura de reaseguro hasta que el reasegurador no haya aceptado la cesión expresamente, lo cual le impide a la cedente –por elementales normas de prudencia- asumir el riesgo y emitir la póliza hasta contar con dicho asentimiento por parte del reasegurador. Esto acarrea ciertas dificultades para la cedente, tanto para la parte comercial como por la parte de costos inherentes a la administración de la póliza.

En cambio, para el reasegurador puede resultar una operación interesante pues a pesar de que el trámite individual también le genera costos más altos (en porcentaje) que los de un contrato automático, le permite intervenir directamente en la suscripción de cada negocio cedido de manera facultativa, fijando sus condiciones particulares y estableciendo la tasa o prima específica. Desde un punto de vista técnico, en este caso el reasegurador actúa como si fuese la cedente. Esto significa que, la cedente deberá de enviar al reasegurador la información más amplia disponible sobre el riesgo a cubrir, pues de otra forma, coloquialmente hablando, el reasegurador cumplirá un viejo aforismo, que reza: “los vacíos de información se rellenan con prima”, o bien, directamente declinará participar en el riesgo.

Lo anterior también le permite al reasegurador apreciar la calidad técnica de la suscripción de la cedente, según el análisis de riesgo y la información evaluada, lo cual le da al reasegurador la posibilidad de ir calificando y categorizando a la cedente, a efectos de tenerlo en cuenta para la celebración o renovación de otros facultativos o inclusive, sobre los contratos generales que haya celebrado con la cedente, si los hubiere.

Existen ventajas y desventajas para cada una de estas formas operativas de reaseguro, las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Denominación	Características	Ventaja/Desventaja
Facultativo Individual	Cada operación se ofrece individualmente a cualquier reasegurador y éste acepta o rechaza libremente.	Ventaja: para el reasegurador, tiene la libertad de decidir condiciones particulares y tasa/prima, entre otras.
		Desventaja: para la cedente, no podrá emitir póliza hasta contar con aceptación expresa por escrito de la aceptación del riesgo por parte del reasegurador.
Automático General	La cedente tiene la obligación de incluir, sin consulta previa, todas las operaciones que reúnan las condiciones estipuladas en el contrato, y el reasegurador debe aceptarlas.	Ventaja: para la cedente, podrá suscribir cualquier riesgo que reúna y cumpla con las condiciones pactadas en el contrato automático.
		Desventaja: para el reasegurador, es prácticamente suscripción a ciegas y podría darse cuenta de algún riesgo no deseable, sólo cuando se presente algún siniestro sobre esos riesgos no deseables.
Cobertura abierta en General (“Line Slip”, “Open Cover” por sus denominaciones en Inglés).	Ofrecimiento y libre aceptación obligada dentro de las condiciones pactadas.	Ventaja: para la cedente, podrá suscribir cualquier riesgo que reúna y cumpla con las condiciones pactadas en el contrato automático.
		Desventaja: para el reasegurador, es prácticamente suscripción a ciegas y podría darse cuenta de algún riesgo no deseable, sólo cuando se presente algún siniestro sobre esos riesgos no deseables.
Facultativo Obligatorio	Es una forma no usual. Sólo se utiliza entre empresas filiales y su casa matriz (por ejemplo, cedentes locales pero que forman parte de una aseguradora mundial, con grandes capacidades disponibles).	Ventaja: para las cedentes, si los riesgos están bajo las condiciones consideradas generalmente como normales, es prácticamente una cesión automática.
		Desventaja: podría darse el caso que, la casa matriz decida no otorgar capacidad adicional o inclusive, ordenar a la cedente local que no realice el negocio ni siquiera por la capacidad automática previamente otorgada.

Para cerrar este capítulo, se citan una serie de factores o características que generalmente determinan el uso de las colocaciones facultativas, señalando sus ventajas o inconvenientes.

La cedente puede colocar riesgos facultativamente en forma individual:

- Para poder aceptar riesgos de gran suma asegurada, que superen el límite de su capacidad contractual automática o bien, cuando simplemente no posee, en determinado ramo o tipo de riesgo, un contrato automático.
- Para poder cubrir riesgos excluidos de sus contratos o capacidades automáticas.
- Para proteger los resultados de sus contratos generales, evitando la inclusión en ellos de riesgos cuya siniestralidad pudiera llegar a afectar los resultados, por resultar ajenos a la composición de la cartera que poseen, desde el punto de vista cualitativo.
- Para aprovechar la experiencia de los reaseguradores, sobre las condiciones de suscripción y la tarifa aplicable a riesgos sobre los cuales carece de experiencia o de personal idóneo para la suscripción.
- Para colocar operaciones aisladas o riesgos que en su cartera no posee en cantidad suficiente y por ende no resultan compensables entre sí, por no cumplirse la ley de los grandes números.

Desde el punto de vista del reasegurador, que tiene concertados con la cedente contratos generales, debemos de señalar que podría interesarle que un riesgo que no cumpla con las condiciones particulares de esos contratos generales, sea colocado facultativamente, para no desequilibrar la composición de la cartera general que es cedida de manera automática.

Capítulo III.- Información, estadística, probabilidad y modelación estocástica.

En este capítulo se revisará:

La información que usualmente proporcionan las Aseguradoras para el análisis de riesgo y la negociación de coberturas de reaseguro.

Las estadísticas que se pueden elaborar a partir de esa información.

Distribuciones de Probabilidad útiles para la modelación estocástica de datos agregados.

Modelación estocástica, ¿qué es?, ¿cómo se aplica?

III.1 Información usualmente disponible que proporcionan las Aseguradoras.

Generalmente las Aseguradoras cuentan con información a detalle que permite tener conocimiento general y particular (si fuese necesario), de los riesgos que componen su portafolio de negocio. Una excepción sería una Compañía de reciente creación, para lo cual los Reguladores aplican reglas específicas para otorgarles los permisos necesarios para el inicio de operaciones. Este es un tema adicional que no es objeto del presente trabajo.

Anualmente con motivo del proceso de renovación de sus contratos de reaseguro, las Cedentes realizan un proceso de minería de datos con el objetivo de obtener información referente al desempeño y resultado de sus operaciones durante el año calendario en curso e inclusive, el comportamiento histórico observado en periodos anteriores.

¿Porque se requiere que la cedente presente la información del año más reciente y la de otros periodos anteriores? Entrando poco a poco al tema de probabilidad y estimación, se necesita tal información para poder evaluar el desempeño histórico de la cedente, tanto del punto de vista de la suscripción como lo correspondiente a los siniestros.

Lo anterior debido a que típicamente la siniestralidad no es estática dado el comportamiento de los siniestros a través del tiempo. Es decir, un riesgo que se haya suscrito en un año calendario en particular, podría presentar siniestros o cambios en la siniestralidad en períodos posteriores al año en que se haya incluido en el portafolio de la Aseguradora. Usualmente para los ramos de daños (excepto las líneas de negocio asociadas a Responsabilidad Civil) se consideran los 5 años más recientes de información.

Con el fin de contar con datos homogéneos que se puedan manejar de manera más sencilla, las Aseguradoras elaboran un resumen de la información bajo un formato específico, conocido como perfiles de riesgos y de siniestros.

Para considerar que la información es homogénea, se utiliza el mismo criterio de agrupación de la cartera por el concepto de Suma Asegurada, independientemente de la línea de negocio de los riesgos. Si la Aseguradora cuenta en su cartera con riesgos que provienen de más de una línea de negocio, se prefiere trabajar con la información de cada línea de negocio. Lo anterior permitirá en la fase de análisis observar diferencias en el comportamiento y resultados de cada línea de negocio (si las hubiere).

En los perfiles de riesgos y de siniestros, se agrupa la cartera o portafolio considerando la Suma Asegurada como el criterio para consolidar la información de la cartera. Esto es básicamente para poder conocer la exposición a riesgo y conocer los cúmulos de responsabilidad de la Aseguradora.

Usualmente se presentan estos perfiles de riesgo por el total de la cartera, el correspondiente a la retención de la cedente y la parte cedida a reaseguro.

Es necesario que la cedente especifique en cada perfil de cartera, el ramo, sub-ramo, la fecha de corte considerada para la elaboración de la tabla, así como si los perfiles corresponden al total, a la parte retenida o a la parte cedida y la línea de negocio correspondiente.

Para cada uno de los rangos de Suma Asegurada, se requiere de la siguiente información:

- Límite inferior de suma asegurada.
- Límite superior de suma asegurada.
- Agregado del número de riesgos.
- Agregado del monto de la suma asegurada.
- Agregado del monto de la prima neta.
- Agregado del número de siniestros.
- Agregado del monto de los siniestros.

A continuación se presenta un ejemplo de perfil de riesgos:

Compañía: La Previsora, S. A. Compañía de Seguros

Perfil de cartera y siniestros

Ramo: Cartera Residencial (Casa Habitación) al 100% (Retención + Cesión a Reaseguro)

Moneda: Peso Mexicano

Fecha de corte: 31/Dic/2013

Riesgos suscritos entre 01/Ene/2013 y 31/Dic/2013 (Inclusive)

Límite Inferior	Límite Superior	Agregado del Número de Riesgos	Agregado de Suma Asegurada \$	Agregado Prima Neta \$	Agregado Número de Siniestros	Agregado Monto de los Siniestros
1	1,000,000	1,600	380,035,827	133,554,229	1,362	37,049,126
1,000,001	2,000,000	4,166	2,445,991,429	487,670,336	2,229	268,764,235
2,000,001	3,000,000	4,893	5,441,319,766	672,057,624	2,048	458,246,364
3,000,001	4,000,000	4,232	9,283,285,594	1,399,570,491	4,132	890,694,474
4,000,001	5,000,000	2,080	8,672,094,802	1,483,023,411	1,814	715,412,787
5,000,001	6,000,000	343	2,563,901,850	359,935,193	133	67,940,241
6,000,001	7,000,000	129	1,082,773,201	135,310,096	73	38,423,176
7,000,001	8,000,000	147	2,454,311,272	246,715,405	75	66,511,372
8,000,001	9,000,000	30	949,025,078	43,166,308	16	5,160,713
9,000,001	10,000,000	4	183,954,278	28,342,054	2	940,609
10,000,001	11,000,000	6	340,837,385	27,030,699	3	13,929,983
11,000,001	12,000,000	3	195,534,088	14,277,973	2	2,574,368
12,000,001	13,000,000	5	397,000,048	15,628,360	2	1,660,000
13,000,001	14,000,000	1	89,420,000	3,837,562	-	-
14,000,001	15,000,000	4	425,977,656	23,802,032	2	8,603,204
15,000,001	16,000,000	1	120,536,588	6,301,596	-	-
16,000,001	17,000,000	1	175,128,000	6,204,595	1	1,751,280
17,000,001	18,000,000	4	2,125,979,726	74,194,845	3	17,691,969
Total		17,649	37,327,106,588	5,160,622,808	11,897	2,595,353,902

Es importante señalar que dichos perfiles de cartera, se producen para prácticamente cualquier ramo y sub-ramo, con excepción de la información correspondiente a peligros específicos como lo son Terremoto, Erupción Volcánica y Riesgos Hidrometeorológicos, debido a que por la naturaleza propia de dichos riesgos, es necesario analizar la información desde otra perspectiva, cuyo criterio principal es los agregados en Zonas Críticas de acuerdo a los mapas de peligros que haya definido la autoridad supervisora para cada país.

Existe información adicional que entregan las Aseguradoras, tal como:

- Textos contractuales: condiciones generales y condiciones particulares (que se requieren para cada contrato, ramo o sub-ramo).
- Estimado de primas para el periodo a renovar.
- Lista de los siniestros más importantes en los últimos 5 años, incluyendo detalles particulares y en especial el monto de las pérdidas. El criterio de importancia usualmente se establece para aquellos eventos cuya pérdida haya excedido un monto en particular, usualmente establecido de común acuerdo entre la Aseguradora y los Reaseguradores.
- Políticas de selección y suscripción de riesgos individuales.
- Triángulos de siniestros y desarrollo en el tiempo de las liquidaciones de siniestros.
- Estacionalidad en el tiempo de la cartera. Es decir, cómo se distribuye usualmente la emisión de pólizas por año.
- Cualquier otra información que requieran los Reaseguradores, dependiendo de su experiencia, políticas de suscripción y el ramo para el cual se requiere el contrato automático de reaseguro.

III.2 Estadísticas elaboradas a partir de la información disponible.

Para el análisis de la información contenida en el perfil de riesgos, es necesario considerar información adicional como:

- i. El promedio de la Suma Asegurada por rango.
- ii. El promedio del Monto de los Siniestros por rango.
- iii. La frecuencia promedio del Número de Siniestros.
- iv. La severidad promedio del Monto de los Siniestros.

Esto permite de manera sencilla, corroborar si la información contenida entregada por la Aseguradora es congruente con respecto a los rangos de Suma Asegurada.

A continuación se presenta un ejemplo del perfil de riesgos modificado

Compañía: La Previsora, S. A. Compañía de Seguros

Perfil de cartera y siniestros

Ramo: Cartera Residencial (Casa Habitación) al 100% (Retención + Cesión a Reaseguro)

Moneda: Peso Mexicano

Fecha de corte: 31/Dic/2013

Riesgos suscritos entre 01/Ene/2013 y 31/Dic/2013 (Inclusive)

Límite Inferior	Límite Superior	Agregado del Número de Riesgos	Agregado de Suma Asegurada \$	Suma Asegurada Promedio	Agregado Prima Neta \$	Prima Promedio \$	Agregado Número de Siniestros	Agregado Monto de los Siniestros	Siniestro Promedio \$	Severidad Promedio
1	1,000,000	1,600	380,035,827	237,522	133,554,229	83,471	1,362	37,049,126	27,202	11.4524%
1,000,001	2,000,000	4,166	2,445,991,429	587,132	487,670,336	117,060	2,229	268,764,235	120,576	20.5365%
2,000,001	3,000,000	4,893	5,441,319,766	1,112,062	672,057,624	137,351	2,048	458,246,364	223,753	20.1206%
3,000,001	4,000,000	4,232	9,283,285,594	2,193,593	1,399,570,491	330,711	4,132	890,694,474	215,560	9.8268%
4,000,001	5,000,000	2,080	8,672,094,802	4,169,276	1,483,023,411	712,992	1,814	715,412,787	394,384	9.4593%
5,000,001	6,000,000	343	2,563,901,850	7,474,933	359,935,193	1,049,374	133	67,940,241	510,829	6.8339%
6,000,001	7,000,000	129	1,082,773,201	8,393,591	135,310,096	1,048,915	73	38,423,176	526,345	6.2708%
7,000,001	8,000,000	147	2,454,311,272	16,695,995	246,715,405	1,678,336	75	66,511,372	886,818	5.3116%
8,000,001	9,000,000	30	949,025,078	31,634,169	43,166,308	1,438,877	16	5,160,713	322,545	1.0196%
9,000,001	10,000,000	4	183,954,278	45,988,570	28,342,054	7,085,514	2	940,609	470,305	1.0227%
10,000,001	11,000,000	6	340,837,385	56,806,231	27,030,699	4,505,117	3	13,929,983	4,643,328	8.1740%
11,000,001	12,000,000	3	195,534,088	65,178,029	14,277,973	4,759,324	2	2,574,368	1,287,184	1.9749%
12,000,001	13,000,000	5	397,000,048	79,400,010	15,628,360	3,125,672	2	1,660,000	830,000	1.0453%
13,000,001	14,000,000	1	89,420,000	89,420,000	3,837,562	3,837,562	-	-	-	0.0000%
14,000,001	15,000,000	4	425,977,656	106,494,414	23,802,032	5,950,508	2	8,603,204	4,301,602	4.0393%
15,000,001	16,000,000	1	120,536,588	120,536,588	6,301,596	6,301,596	-	-	-	0.0000%
16,000,001	17,000,000	1	175,128,000	175,128,000	6,204,595	6,204,595	1	175,1280	175,1280	1.0000%
17,000,001	18,000,000	4	2,125,979,726	531,494,932	74,194,845	18,548,711	3	17,691,969	5,897,323	1.1096%
Total		17,649	37,327,106,588	2,114,970	5,160,622,808	292,403	11,897	2,595,353,902	218,152	10.3147%

La modificación anterior se realiza para todos los perfiles de riesgo que haya entregado la Aseguradora.

Analizando la información histórica, se puede dar seguimiento adecuado al desempeño económico. Se puede detectar si hay desviaciones en las cifras y de alguna manera, intentar detectar si éstas se deben a condiciones de mercado, cambios en las políticas de suscripción, inflación, etc. Generalmente cuando se detectan dichas desviaciones, los Reaseguradores realizan consultas adicionales específicas a las Aseguradoras para poder averiguar las razones de esas variaciones.

La información la pueden utilizar tanto reaseguradores que históricamente hayan participado en los contratos automáticos, así como reaseguradores no incluidos anteriormente en él, pero que deseen participar en la renovación de los contratos de reaseguro.

A partir de los datos históricos de la cedente por ramo y sub-ramo, se puede calcular de manera sencilla, los estadísticos básicos como son:

- Número promedio de siniestros, útil para la estimación de la media lo cual corresponde a los casos que se podrían esperar.
- Monto promedio de los siniestros.
- Desviación estándar alrededor del monto promedio de los siniestros.
- Varianza.
- Coeficiente de variación respecto a la media del monto de siniestros.

Los estadísticos serán útiles para generar la estimación de la severidad económica de los siniestros.

III.3 Distribuciones de Probabilidad útiles para datos agregados.

Como se ha mencionado al inicio del presente capítulo, es poco probable que se tenga acceso a la información detallada de los riesgos y siniestros individuales que componen la cartera de las cedentes, por lo que en muchas ocasiones se tiene que trabajar con los datos agregados que se han obtenido por medio de las diversas tablas y reportes que se han presentado en los informes de las cedentes. (Geratewohl, 1980)

Lo anterior obliga a que se deba de considerar las funciones de densidad de probabilidad para la estimación de los posibles resultados de la cartera para la cual se requiere la celebración de los contratos de reaseguro.

Para la estimación del número promedio de siniestros, se deberá de utilizar funciones de densidad discretas, mientras que para la estimación de la severidad de los siniestros se emplearán distribuciones de densidad continuas.

Ahora bien, existe un número considerable de distribuciones que se podrían utilizar. Por ejemplo:

Funciones de probabilidad para variables aleatorias discretas	Funciones de Probabilidad para variables aleatorias continuas
Poisson	Normal estándar (Gaussiana)
Binomial	Log-normal
Binomial negativa	Weibull
Geométrica, etc.	Pareto, etc.

La problemática es elegir la función de densidad adecuada para poder producir la simulación con base en los datos históricos disponibles.

Hay varias situaciones que hay que ponderar para realizar dicha elección. Estas pueden ser, entre otras:

- Información disponible.
- Facilidad de uso.
- Sencillez de la estimación de los parámetros para las funciones de distribución.
- Tiempo de cómputo.
- Facilidad para poder explicar los resultados obtenidos. Es decir, hay que tomar en cuenta a la audiencia para la cual se realizará la presentación de los resultados.

Particularmente respecto al último punto, hay que tomar en consideración que posiblemente las personas a las cuales se dirigirá el informe final, no tengan una amplia formación matemática pero sin embargo, habrá conceptos que será sencillo explicar y que dichas personas puedan comprender fácilmente. (Kaufmann, y otros, 2015)

Con base en lo anterior, es que comúnmente se eligen distribuciones que son sencillas de explicar. Por ejemplo, es usual que para estimar el número de eventos posibles se utiliza la distribución Poisson, ya que sólo utiliza un parámetro que es el número promedio de eventos esperados. (Hossack, y otros, 2003)

Para estimar la severidad de las pérdidas, usualmente se elige la distribución Log-normal asumiendo que, el logaritmo del monto de las pérdidas se distribuye como una Normal. Para la Log-normal sólo se requiere de conocer dos parámetros: la media y la desviación estándar correspondientes a la transformación de los datos aplicando el logaritmo natural. (Hossack, y otros, 2003)

III.3.1 Estimación de la frecuencia de las pérdidas.

La frecuencia de las pérdidas se calcula como:

$$\text{Frecuencia de las Pérdidas} = \frac{\text{Número de Pérdidas}}{\text{Número total de Riesgos}}$$

Y como anteriormente mencionado, generalmente se utiliza la distribución Poisson, para realizar la simulación de la frecuencia de los eventos que generan pérdidas en la cartera de riesgos expuestos.

La distribución Poisson es una distribución de probabilidad para variables aleatorias discretas que expresa, a partir de una frecuencia promedio de ocurrencia, la probabilidad de que ocurra un determinado número de eventos durante cierto periodo de tiempo.

La función de masa o probabilidad de la distribución de Poisson es:

$$f(x; k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

Donde:

- k es el número de ocurrencias del evento o fenómeno (la función nos da la probabilidad de que el evento suceda precisamente k veces).
- λ es un parámetro positivo que representa el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno durante un intervalo dado. Por ejemplo, si el suceso estudiado tiene lugar en promedio 4 veces por minuto y estamos interesados en la probabilidad de que ocurra k veces dentro de un intervalo de 10 minutos, usaremos un modelo de distribución de Poisson con $\lambda = 10 \times 4 = 40$.
- e es la base de los logaritmos naturales.

Tanto el valor esperado, como la varianza de una variable aleatoria de Poisson son iguales a λ .

III.3.2. Estimación de la severidad de las pérdidas.

La severidad se calcula como:

$$\text{Severidad de la Pérdida} = \frac{\text{Monto observado de las pérdidas}}{\text{Suma Asegurada}}$$

Y como se comentó anteriormente, típicamente se utiliza la distribución Log-normal, para realizar la simulación de la severidad de las pérdidas con respecto de la suma asegurada.

La Log-normal es una distribución de probabilidad de una variable aleatoria x , de la que se dice que $\log(x)$ se distribuye normalmente. Es decir, si X es una variable aleatoria con una distribución normal, entonces $\exp(X)$ tiene una distribución Normal.

Una variable aleatoria puede ser modelada como Log-normal, si puede considerarse como un producto multiplicativo de muchos pequeños factores independientes. Un ejemplo típico es el retorno a largo plazo de una inversión, que puede considerarse como el producto de muchos retornos diarios.

La distribución Log-normal tiende a la función de densidad de probabilidad:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Para $x > 0$; donde μ , σ son respectivamente, la media y la desviación estándar del logaritmo de la variable. El valor esperado es

$$E(X) = e^{\frac{\mu + \sigma^2}{2}}$$

Y la varianza es

$$\text{var}(X) = (e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu + \sigma^2}$$

III.3.3. Estimación del monto esperado de las pérdidas.

Finalmente, para estimar el monto de las pérdidas, se utiliza:

$$\text{Monto estimado de la pérdida} = \text{Frecuencia} \times \text{Severidad} \times \text{Suma Asegurada}$$

Lo que se debe hacer es multiplicar los valores estimados de la frecuencia y severidad de las pérdidas obtenidos con las funciones Poisson y Log-normal, por los diferentes valores de las sumas aseguradas que componen los riesgos en la cartera.

$$\frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \times \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \times SA = \text{Monto estimado de las pérdidas con respecto a la suma asegurada}$$

Para el estudio de los valores esperados de la cartera,

- k representará el número de riesgos expuestos,
- λ representa el promedio de los siniestros esperados,
- x son los diferentes valores que podría tomar la variable aleatoria X (para la severidad),
- μ es el promedio de la severidad de las pérdidas y,
- σ la desviación estándar de la severidad de las pérdidas.

Lo anterior para evaluar ambas variables aleatorias en la mayor cantidad de puntos que sea posible, para poder generar un conjunto de escenarios probabilísticos grande, donde el recorrido de las variables aleatorias para ambas funciones esté dentro del intervalo 0, 1.

De esta manera, entramos ahora en el tema de la modelación estocástica, cuya idea principal es la de generar variabilidad en los resultados para incluir la incertidumbre inherente a los posibles escenarios de la estimación de las pérdidas.

La importancia de la simulación de procesos reside en que en la vida real, es muy difícil contar con información de múltiples escenarios independientes, ya sea por la escasez o calidad de los datos, o porque simplemente se trate de una Aseguradora que no tenga disponible información de más de 5 o 10 años. (Hossack, y otros, 2003)

Actualmente, con la capacidad tecnológica disponible a costos relativamente bajos, una vez que se ha diseñado el modelo general sólo resta instruir a una computadora que realice la evaluación de las simulaciones requeridas. (Charnes, 2012)

La idea principal de generar tantas simulaciones como sea posible es la de obtener los estimadores o valores esperados con el mayor grado de confianza y precisión posibles. En este procedimiento reside la importancia de evaluar las funciones en la mayor cantidad de puntos posible, para obtener tanto los valores esperados y también, estimar resultados para esos escenarios en los cuales las variables aleatorias se evalúen en valores correspondientes a la cola derecha de las correspondientes distribuciones, es decir, valores extremos.

Para el presente trabajo, se considera evaluar hasta un máximo de 10,000 posibles alternativas para ambas variables aleatorias (frecuencia y severidad), lo cual genera un conjunto de escenarios suficientemente grande para estimar los valores esperados, así como contar con información acerca de la variabilidad y los posibles resultados extremos. Hay que considerar que si se evalúan más escenarios, quizá la precisión de los valores esperados sea mejor pero el tiempo de ejecución también se incrementa considerablemente al incrementar el número de simulaciones.

III.4.- El Método de Montecarlo.

Es un método no determinístico o estadístico numérico, que se utiliza para producir aproximaciones de expresiones matemáticas y que en la práctica real sería costoso evaluarlas con exactitud. Este método recibe su nombre con referencia al Casino de Montecarlo (Principado de Mónaco) por

considerarse a éste como “la capital del juego del azar” donde el juego de azar más popular es la ruleta, el juego de la ruleta es considerado como un generador simple de números aleatorios. El nombre y desarrollo sistemático de los métodos de Montecarlo datan de aproximadamente 1944 y se han mejorado enormemente con el desarrollo de las computadoras.

El uso de los métodos de Montecarlo como herramienta de investigación, proviene del trabajo realizado para el desarrollo de la bomba atómica durante la segunda guerra mundial en el Laboratorio Nacional de Los Álamos en Estados Unidos. Este trabajo implicaba la simulación de problemas probabilísticos de hidrodinámica, referentes a la difusión de neutrones en el material de fisión. La difusión de neutrones refleja un comportamiento aleatorio. En la actualidad, los Métodos de Montecarlo son parte fundamental de los algoritmos para la generación de imágenes en tercera dimensión, entre muchas otras aplicaciones de las ciencias de la computación e inclusive la industria del entretenimiento.

El método de Montecarlo es muy importante, debido a que proporciona soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas matemáticos, posibilitando la realización de experimentos con muestreos de números pseudoaleatorios en una computadora. El método es aplicable a prácticamente cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinista. (Charnes, 2012)

La invención del método de Montecarlo se atribuye a Stanislaw Ulam y a John von Neumann. Ulam refirió que se le ocurrió la idea mientras jugaba solitario en el año 1946, durante el proceso de recuperación de una enfermedad. Comentó que resulta mucho más simple tener una idea del resultado general del solitario, haciendo pruebas múltiples con las diferentes cartas y contando las proporciones de las cartas en lugar de computar formalmente todas las posibilidades de combinación de las cartas. A Ulam se le ocurrió que esta misma idea podría aplicarse a su trabajo en Los Álamos sobre la difusión de los neutrones, para la cual era prácticamente imposible solucionar las complejas ecuaciones que gobiernan la dispersión, la absorción y la fisión. (Varios, 2014)

Para el presente trabajo, se puede decir que con el Método de Montecarlo se eligen de forma aleatoria los puntos en los que se evaluarán las funciones Poisson y Log-normal, que se utilizan para estimar los posibles valores que podrían obtenerse para la frecuencia de los siniestros y la severidad o el monto de las pérdidas en la cartera de una aseguradora.

III.5.- Procesos Estocásticos.

Una forma coloquial de definir un proceso estocástico es observar la evolución en el tiempo de algún fenómeno cuya dinámica se rige por el azar. Un sencillo ejemplo de esto es la cantidad de caras o cruces que se van acumulando al participar en un juego de lanzar una moneda. (Kaufmann, y otros, 2015)

Otro ejemplo de un proceso estocástico es la evolución del monto de los intereses ganados por una inversión a través del tiempo para un instrumento de renta variable.

Para el primer ejemplo, se puede indexar el proceso por algún intervalo de números naturales y en este caso, se puede decir que se trata de un proceso estocástico a tiempo discreto. Esto debido a que el proceso toma valores en el conjunto de los Números Naturales, por lo que también se dice que se trata de un proceso estocástico con espacio de estados discreto.

Para el ejemplo de los intereses ganados por una inversión, caben algunas observaciones.

- 1) el monto de los intereses ganados puede -en principio- tomar cualquier valor dentro del conjunto de números reales no negativos, por ello se dice que se tiene un proceso estocástico con espacio de estados continuos.
- 2) se puede pensar que las observaciones se ordenan en un modelo indexado en el sub-intervalo de $[0, \infty)$ y por ello se dice que se tiene un proceso estocástico a tiempo continuo.

Formalmente, se define un proceso estocástico como una colección de variables aleatorias $(X_t)_{t \in T}$ indexadas por un conjunto T y definidas en algún espacio de probabilidad $(\Omega, \mathfrak{F}, \mathbb{P})$. Interpretamos al conjunto de índices T como un parámetro temporal; sea $T \in \{0, 1, 2, \dots, n\}, \mathbb{N}$, en algún intervalo $[0, t]$ ó $[0, \infty)$.

Para el objetivo de este trabajo, se utilizan los procesos estocásticos para la generación de un espacio de probabilidad a partir del cual, se pretende obtener diferentes valores de las pérdidas para simular diferentes escenarios generales de resultados financieros, tanto para la parte cedente del riesgo (la Aseguradora), como para el tomador del mismo (el Reasegurador).

Nuestras variables aleatorias son, por una parte, el número estimado de siniestros para un conjunto o subconjunto de riesgos asegurados, también conocido como la cartera asegurada.

De la fórmula en III.1, tenemos que para estimar la frecuencia esperada del número de siniestros en una cartera de riesgos asegurados se utiliza la siguiente fórmula general:

$$\text{Frecuencia de las Pérdidas} = \frac{\text{Número de Pérdidas}}{\text{Número total de Riesgos}}$$

Por otra parte, la segunda variable aleatoria es la severidad estimada de las pérdidas, que se traduce en el impacto económico de tales siniestros, dado un conjunto de valores de los riesgos asegurados, es decir las sumas aseguradas especificadas por la aseguradora en los perfiles de riesgos. De acuerdo a la fórmula de III.2, tenemos que la severidad está dada en función de la suma asegurada de los riesgos, es decir:

$$\text{Severidad de la Pérdida} = \frac{\text{Monto observado de las pérdidas}}{\text{Suma Asegurada}}$$

Y recordemos la fórmula III.3 que el monto estimado de las pérdidas está dado por:

$$\text{Monto estimado de la pérdida} = \text{Frecuencia de pérdidas} \times \text{Severidad de la pérdida}$$

Con estos tres componentes, está definido el espacio de probabilidad necesario. Para la generación de los diferentes escenarios, se ha utilizado el software *CrystalBall*[®] de la compañía *Oracle*[®]. Este software, es un complemento que se instala en Excel[®] y es útil entre otras cosas, para simular escenarios a partir de información conocida, pudiendo introducir el número deseado de ensayos. Con dicho complemento de Excel[®] también se puede realizar el ajuste de un conjunto de datos a las diferentes curvas, tanto para distribuciones discretas y continuas.

Con *CrystalBall*[®] se tiene la ventaja de poder trabajar dentro del ambiente de Excel[®], lo cual permite al usuario crear *Macros* para ejecutar los ciclos necesarios para obtener tantos escenarios como sea posible. Esto también permitirá tomar los resultados del proceso estocástico definido para utilizarlo

en la generación del estado de resultados, ya sea global, por línea de negocio, por la parte retenida por la Aseguradora, la parte cedida a Reaseguradores, etc.

Finalmente, lo que se necesita es contar con una herramienta que permita por una parte, ejecutar el proceso estocástico y por otra, utilizar los datos para producir los reportes e informes necesarios para los tomadores de decisiones en la aseguradora con respecto a diversas posibilidades de los diferentes escenarios de cesión, retención y esquemas de reaseguro.

Capítulo IV.- El Análisis Dinámico Financiero y el estado de resultados.

En este capítulo se presenta el Estado de Resultados obtenido a partir de los resultados del proceso estocástico.

IV.1.- El Análisis Dinámico Financiero

El Análisis Dinámico Financiero (DFA por sus siglas del Inglés *Dynamic Financial Analysis*) es una aproximación simulada que observa los riesgos como un todo y en cierto sentido, es opuesto al análisis actuarial el cual analiza los riesgos de manera individual. (Kaufmann, y otros, 2015)

Específicamente, el Análisis Dinámico Financiero puede revelar las dependencias e interacciones y sus impactos en el bienestar financiero de una compañía, en este caso una aseguradora de daños. Existen factores que inciden en el resultado del Análisis Dinámico Financiero, tales como la composición de la cartera, la estrategia de reaseguro, los gastos de operación, el cumplimiento de las políticas de selección y suscripción de riesgos, entre otros más.

Además de producir futuros escenarios estocásticos financieros por medio de la utilización de generadores de escenarios estocásticos para el ciclo de suscripción, el esquema general de reaseguro, las reservas de riesgos en curso, entre otros; el Análisis Dinámico Financiero también liga los escenarios con los modelos financieros de la compañía que es objeto del análisis.

Dichos modelos revelan no sólo la operación y la estructura de negocio de la compañía, sino que también muestran las dependencias entre sus prácticas de negocio. Debido a que el Análisis Dinámico Financiero trata de tomar en consideración cada aspecto de la compañía, se produce una gran cantidad de información. Como resultado de ello, el análisis y presentación de manera eficiente de los resultados es de suma importancia.

IV.2- Objetivos del Análisis Dinámico Financiero.

El Análisis Dinámico Financiero no es en sí una disciplina académica. Toma prestados varios conceptos y métodos conocidos de la economía y la estadística. Forma parte del manejo financiero de una compañía. Como tal, está comprometido con el manejo de la rentabilidad y estabilidad financieras (función del control de riesgo). (Kaufmann, y otros, 2015)

Mientras que la primera tarea del Análisis Dinámico Financiero apunta a maximizar el valor de la compañía para los accionistas, la segunda tarea debe ser para mantener el valor para los clientes o inclusive, para las autoridades supervisoras. Dentro del aparente conflicto de intereses, el Análisis Dinámico Financiero trata de:

- Asignar los activos estratégicamente.
- Asignar el capital.
- Medir el rendimiento.
- Fijar estrategias de mercado.
- Asignar la mezcla de negocios (composición del portafolio).
- Fijar precios.

Entre otras tantas posibilidades.

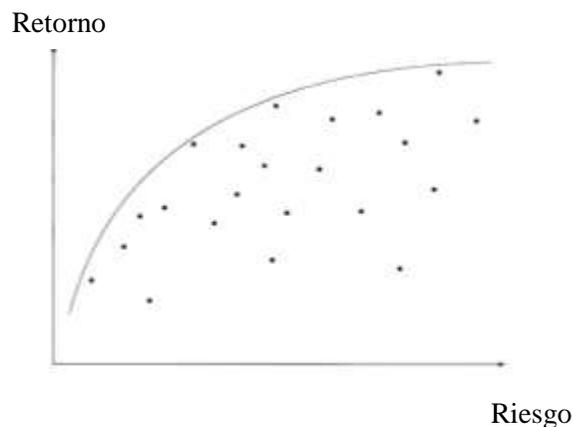
La lista anterior sugiere que el Análisis Dinámico Financiero va más allá de diseñar la estrategia de asignación de activos. De hecho, los administradores de riesgos así como los suscriptores, se verán afectados por las decisiones tomadas con base en el Análisis Dinámico Financiero.

La correcta implementación y aplicación de un modelo de Análisis Dinámico Financiero depende de dos preguntas fundamentales y que están estrechamente relacionadas y que deberían de responderse con antelación:

1. ¿Quién es el primer beneficiario de un Análisis Dinámico Financiero (accionistas, alta dirección, asegurados)?
2. ¿Cuáles son los objetivos individuales o específicos de la compañía?

Antes de llevar a cabo una modelación con la herramienta de Análisis Dinámico Financiero, la alta dirección debe de elegir una medida económica o financiera para poder evaluar estrategias en particular, que generalmente podrían ser más de una opción.

Inicialmente se debe de elegir una medida para el retorno esperado sobre la inversión requerida para llevar a cabo el negocio, y adicionalmente se tiene que escoger una medida para evaluar el riesgo que implica realizar la operación. Así, el riesgo analizado y el retorno esperado de cada estrategia podrían graficarse bajo un esquema de riesgo versus recompensa. Cada estrategia podría representarse con un punto en una gráfica de riesgo-beneficio. Se podrá decir que una estrategia es eficiente, si no existe alguna otra con menor riesgo y con el mismo nivel de retorno, o mayor retorno bajo el mismo nivel de riesgo. (Geratewohl, 1980)



Para cada nivel de riesgo existe un retorno máximo que no puede excederse, resultando así la frontera eficiente. Pero la posición exacta de la frontera eficiente es usualmente desconocida para el desarrollador del Análisis Dinámico Financiero, por ello es necesario que la alta dirección determine los parámetros de dicha frontera eficiente. Para el modelador no habrá una certeza absoluta si una estrategia es realmente eficiente o no, cuando no existan parámetros de referencia acerca de las medidas de riesgo y beneficio que se deban de vigilar. (Kaufmann, y otros, 2015)

El Análisis Dinámico Financiero no es necesariamente un método para obtener una estrategia óptima. Es principalmente, una herramienta para poder generar y finalmente comparar diferentes estrategias en términos de riesgo y retorno. Desafortunadamente, la comparación de estrategias podría llevar a resultados diferentes en cada ocasión en que se modifiquen las medidas de riesgo o retorno. Una medición diferente podría llevar a una estrategia preferida diferente. (Charnes, 2012)

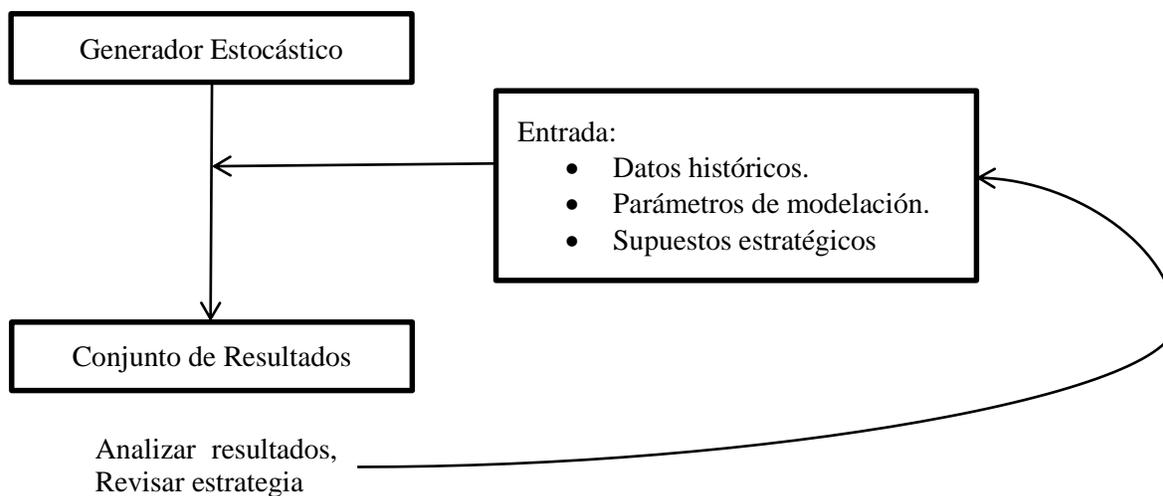
IV.3.- Pruebas de solvencia.

Existe un concepto que está estrechamente ligado al Análisis Dinámico Financiero y se le conoce como pruebas de solvencia. Con una prueba de solvencia, se evalúa la posición financiera desde la perspectiva de las autoridades. La idea principal de estas pruebas es la de cuantificar en términos probabilísticos si la compañía tendrá la capacidad financiera de afrontar sus obligaciones futuras. (Brehm, y otros, 2007)

Lo anterior se traduce en determinar el monto necesario de capital, dado el nivel de riesgo al cual está expuesta la compañía. Por ejemplo, ¿tiene la compañía el capital o reservas suficientes para mantener $\alpha \times 100\%$ de su capital por debajo de un cierto nivel para los riesgos tomados? El Análisis Dinámico Financiero provee la distribución de probabilidad completa de las pérdidas estimadas. Para cada nivel α de probabilidad de perder $\alpha \times 100\%$, se puede obtener de la distribución de probabilidad. Por lo tanto, el Análisis Dinámico Financiero también puede aprovecharse como una herramienta de prueba de solvencia.

IV.4.- Estructura de un modelo de Análisis Dinámico Financiero.

La mayoría de los modelos de este tipo de herramientas consta de tres componentes principales.



El generador de escenarios estocásticos produce la simulación de las variables aleatorias, representando las principales componentes que afectan los resultados del negocio. La generación de una variable aleatoria en el curso de una simulación equivale a fijar un escenario.

La segunda fuente de información corresponde a la información específica de entrada otorgada por la compañía (por ejemplo, la severidad promedio por línea de negocio y año de accidente), así como los supuestos correspondientes a los parámetros de modelación y los supuestos estratégicos.

El último componente es la salida obtenida por el modelo. Una vez obtenido el conjunto de resultados, este debe de analizarse por parte de la alta dirección para poder evaluar si la estrategia inicialmente definida es la adecuada, o si existen algunos otros escenarios que pudieran ser compatibles o cercanos a la estrategia inicialmente definida.

Independientemente de lo anterior, es necesario efectuar revisiones periódicas al modelo general y en caso de requerirse, habrá que incluir nuevos supuestos estratégicos y ejecutar nuevamente el proceso con la idea de dar seguimiento y poder actuar a tiempo, para que se incluyan las posibles fuentes de incertidumbre o nuevos riesgos que se estén presentando en el transcurso del tiempo. Dicho proceso se podría repetir hasta que la Alta Dirección se convenza de la superioridad de una opción en particular con respecto a todos los posibles escenarios.

La interpretación de los resultados de un Análisis Dinámico Financiero es frecuentemente una parte despreciada y olvidada. Por ejemplo, aun definiendo la frontera eficiente, se tiene una variedad de estrategias igualmente deseables. Al final del día, la Alta Dirección tiene que involucrarse activamente en esta fase de revisión de los resultados del proceso y decidirse por una sola de las opciones. La selección de una estrategia con base en preferencias o en función de la utilidad parecería no proporcionar una solución práctica en cada caso. (Kaufmann, y otros, 2015)

También es posible analizar otros resultados derivados de los modelos además del Mejor Estimador para las Obligaciones Futuras. Los parámetros que hay que analizar también se pueden analizar son:

- Los Percentiles para las colas de la distribución de pérdidas,
- La prima y siniestros a retención,
- El nivel de Capital requerido con respecto a la rentabilidad esperada,

IV.5.- Variables modeladas mediante procesos estocásticos.

Un paso esencial en el proceso de construcción de un modelo apropiado es poder identificar las variables aleatorias claves que podrían afectar los resultados de la modelación. Una vez identificadas, se debe decidir si se van a modelar y cómo se hará.

De acuerdo con las tendencias regulatorias actuales para el tema Solvencia, lo ideal es que la modelación contemple la perspectiva de calcular el Capital con Base en el Riesgo (del Inglés, "Risk Based Capital"). Esto es simplemente que, las Aseguradoras deban tener ya sea Reservas, Capital o coberturas de Reaseguro suficientes para poder resarcir a sus Clientes por las posibles pérdidas futuras, inclusive bajo escenarios extremos de pérdida.

Para el caso particular de México, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas ha establecido que a partir del 04 de Abril de 2015, las Aseguradoras deben de elaborar y registrar modelos que les permitan evaluar escenarios de pérdida contemplando el valor del percentil al 99.5% para el Mejor Estimador de las Obligaciones (o BEL, por sus siglas en Inglés).

Es altamente probable que los cambios en la Legislación de Seguros en México, se traduzca en importantes modificaciones del Capital Requerido por las aseguradoras, dados los niveles de incertidumbre y confianza establecidos en el marco de Solvencia II. Hasta antes del 4 de abril de 2015, el Capital Requerido se calculaba como un porcentaje de las Sumas Aseguradas de las carteras en riesgo, lo cual podría no corresponder adecuadamente al riesgo económico efectivamente asumido por las aseguradoras.

Capítulo V.- Un ejemplo de Análisis Dinámico Financiero para evaluar opciones de reaseguro y su impacto en el estado de resultados.

En este capítulo se presenta una selección de los resultados de la modelación realizada y su análisis desde diferentes perspectivas para la toma de decisiones.

Como se menciona en el capítulo cuarto, los resultados de la Modelación Dinámica Financiera pueden utilizarse para generar información que resulte útil para el proceso de toma de decisiones.

Para este trabajo en particular, esta herramienta se utilizará como fuente de información para determinar cuál podría ser la estructura de reaseguro que permita al mismo tiempo minimizar el capital requerido a retención y maximizar la rentabilidad, sin perder de vista la capacidad de suscripción por riesgo individual, que le permita a la aseguradora aceptar riesgos sin tener que depender tanto de capacidad de reaseguro facultativo.

Para este documento en particular, se ha elegido como principal medida de riesgo el Capital Requerido, dado que es el monto de dinero necesario para que la aseguradora pueda realizar la operación. Dicho importe es la fuente principal para la cuantificación del riesgo, debido a que una vez que se aporta el capital, ese dinero no podrá disminuirse en un periodo dado (usualmente entre dos o tres años), pero sí podría llegar a incrementarse conforme a la evolución de la operación de la aseguradora.

Una medida secundaria para evaluar el riesgo es el coeficiente de variación de cada estrategia en particular. Debido a que se evalúan diferentes opciones de cesión a reaseguro, se obtienen medias diferentes, las cuales se deben de analizar utilizando una medida estándar. El coeficiente de variación se calcula dividiendo la desviación estándar por la media de cada opción de retención del riesgo. Si el Coeficiente de Variación de una opción es menor que el de otras opciones, implica que la opción con el menor coeficiente de variación presentaría un mejor balance entre el riesgo asumido y el beneficio esperado.

Una medida adicional para evaluar el riesgo, es la probabilidad de que el Margen Combinado sea mayor o igual que cero. Ese porcentaje mide el grado de certidumbre que representan los diversos escenarios. A mediano y largo plazo, pudiera resultar preferible elegir una estrategia con un grado de certidumbre mayor con respecto a otra que pudiera generar mayor rendimiento financiero.

Como medida principal de beneficio se ha elegido el monto esperado del margen combinado. Este será el dinero disponible para los accionistas de la aseguradora (antes de productos financieros y descontando el monto de la participación de los trabajadores en las utilidades), una vez que se hayan descontado las diversas responsabilidades financieras que genera la operación de la empresa.

La medida secundaria para cuantificar el beneficio, será la proporción que tenga el Margen Combinado con respecto al Capital Requerido para operar la estructura de reaseguro seleccionada. Dicho cociente representa la tasa de rendimiento esperada con respecto al capital requerido para la operación.

Los datos de la cartera para la cual se desean evaluar diferentes opciones de cesión a reaseguro son los que se presentan en la siguiente tabla.

Límite Inferior (Columna 1)	Límite Superior (Columna 2)	# Riesgos (Columna 3)	% Acumulado Riesgos (Columna 4)	Suma Asegurada (Columna 5)	% Acumulado Suma Asegurada (Columna 6)	Prima (Columna 7)	% Prima Acumulada (Columna 8)
1	250,000	4,652	14.4%	977,571,473	0.7%	22,996,895	1.2%
250,001	750,000	6,149	33.5%	3,554,469,778	3.4%	73,698,712	5.2%
750,001	1,500,000	7,708	57.3%	8,578,701,860	10.0%	186,071,585	15.2%
1,500,001	3,000,000	6,730	78.2%	14,758,363,475	21.2%	209,716,419	26.5%
3,000,001	6,000,000	3,945	90.4%	16,812,146,110	34.0%	275,283,401	41.4%
6,000,001	7,500,000	1,110	93.8%	8,197,502,640	40.2%	167,816,498	50.4%
7,500,001	10,000,000	515	95.4%	4,747,311,550	43.9%	99,500,140	55.8%
10,000,001	20,000,000	737	97.7%	12,577,824,531	53.4%	197,156,758	66.4%
20,000,001	40,000,000	270	98.6%	8,274,035,013	59.7%	126,397,374	73.2%
40,000,001	50,000,000	143	99.0%	6,259,889,011	64.5%	99,996,430	78.6%
50,000,001	60,000,000	84	99.3%	4,668,707,179	68.1%	62,239,087	82.0%
60,000,001	70,000,000	47	99.4%	3,233,360,087	70.5%	41,445,132	84.2%
70,000,001	80,000,000	46	99.5%	3,525,860,265	73.2%	42,524,509	86.5%
80,000,001	100,000,000	21	99.6%	1,946,656,156	74.7%	24,266,626	87.8%
100,000,001	120,000,000	37	99.7%	4,117,658,981	77.8%	38,926,870	89.9%
120,000,001	150,000,000	19	99.8%	2,585,845,136	79.8%	25,813,835	91.3%
150,000,001	200,000,000	17	99.8%	3,082,284,103	82.1%	23,142,370	92.5%
200,000,001	500,000,000	53	100.0%	23,481,235,145	100.0%	138,542,226	100.0%
Totales		32,283		131,379,422,492		1,855,534,869	

Los tomadores de decisiones han determinado que desean analizar diferentes opciones de cesión a reaseguro, considerando las siguientes restricciones iniciales:

- 1) La retención máxima por unidad de riesgo será de 10'000,000. De acuerdo con la cuarta columna de la tabla, esto les permitirá suscribir hasta el 95.4% de los riesgos de la cartera.
- 2) La reserva no deberá de ser superior al 50% de la prima esperada (columna 7). Es decir, el VaR estimado al 99.5% para las obligaciones futuras no debe de superar los 927'767,434.
- 3) La probabilidad de ruina no debe de ser superior al 10%.
- 4) Se requiere que el margen combinado (rendimiento) sea superior al 10%.

VaR: Value at Risk (Valor en Riesgo)

Es el valor estimado de la variable aleatoria evaluado en el percentil elegido de la distribución. En nuestro ejemplo, es el estimado del monto de las obligaciones de la aseguradora en el percentil 0.995 (es decir, al 99.5%).

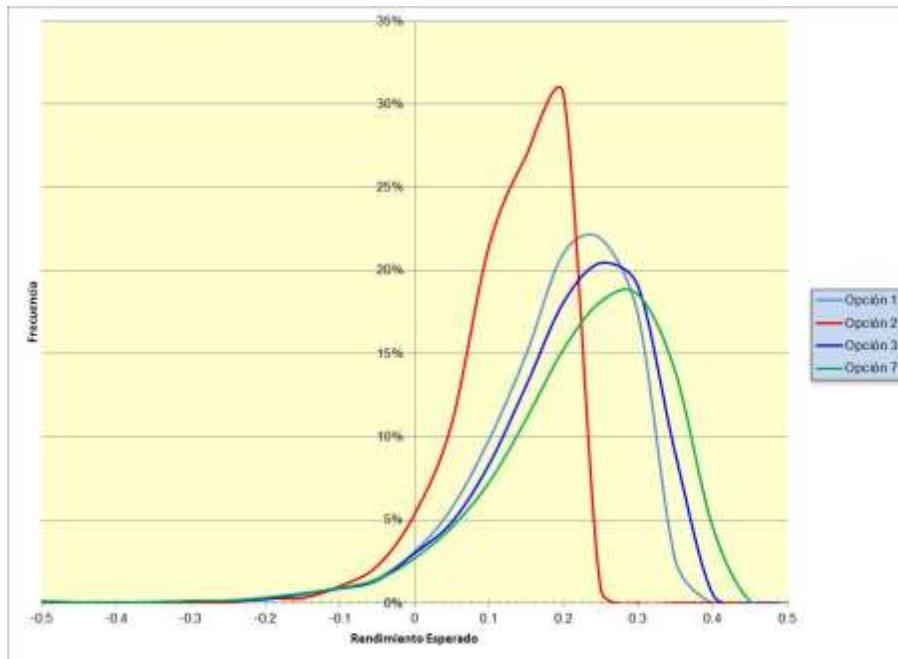
Conforme a las restricciones anteriores, se realizó la modelación de 7 escenarios de cesión a riesgo, mismos que se resumen en la siguiente tabla.

Esquema de Cesión Automática a Reaseguro		Suma Asegurada Retenida por Riesgo	VaR al 99.5%	Prima Retenida	% Retención Primas	Rendimiento Promedio %	Coefficiente de Variación	Probabilidad de Ruina	Rendimiento Promedio \$	Probabilidad de Éxito
Opción 0	Cuota Parte 500 Millones, retención 100%; Sin Excedente; sin Facultativo	\$ 500,000,000	\$ 2,670,877,630	\$ 1,855,534,869	100.00%	26.74%	0.5606	4.66%	\$ 714,292,453	95.34%
Opción 1	Cuota Parte 50 Millones, retención 20%; Excedente 350 Millones; Facultativo 100 Millones	\$ 10,000,000	\$ 655,217,395	\$ 326,913,970	17.62%	16.33%	0.6288	6.61%	\$ 107,012,738	93.39%
Opción 2	Cuota Parte 100 Millones, retención 10%; Excedente 300 Millones; Facultativo 100 Millones	\$ 10,000,000	\$ 478,519,937	\$ 172,708,594	9.31%	10.16%	0.7439	9.42%	\$ 48,639,400	90.58%
Opción 3	Cuota Parte 40 Millones, retención 25%; Excedente 360 Millones; Facultativo 100 Millones	\$ 10,000,000	\$ 742,570,962	\$ 397,682,182	21.43%	17.92%	0.6198	6.55%	\$ 133,034,025	93.45%
Opción 4	Cuota Parte 20 Millones, retención 50%; Excedente 380 Millones; Facultativo 100 Millones	\$ 10,000,000	\$ 1,144,531,778	\$ 715,402,786	38.56%	21.17%	0.6492	7.24%	\$ 242,273,715	92.76%
Opción 5	Cuota Parte 10 Millones, retención 100%; Excedente 390 Millones; Facultativo 100 Millones	\$ 10,000,000	\$ 1,824,101,427	\$ 1,249,816,716	67.36%	22.99%	0.6647	7.71%	\$ 419,395,211	92.29%
Opción 6	Cuota Parte 200 Millones, retención 5%; Excedente 200 Millones, Facultativo 100 Millones	\$ 10,000,000	\$ 375,902,584	\$ 88,978,410	4.80%	4.42%	1.2298	17.22%	\$ 16,599,710	82.78%
Opción 7	Cuota Parte 30 Millones, retención 33.3%; Excedente 390 Millones, Facultativo 80 Millones	\$ 10,000,000	\$ 886,207,605	\$ 509,978,381	27.48%	19.53%	0.6222	6.49%	\$ 173,034,671	93.51%

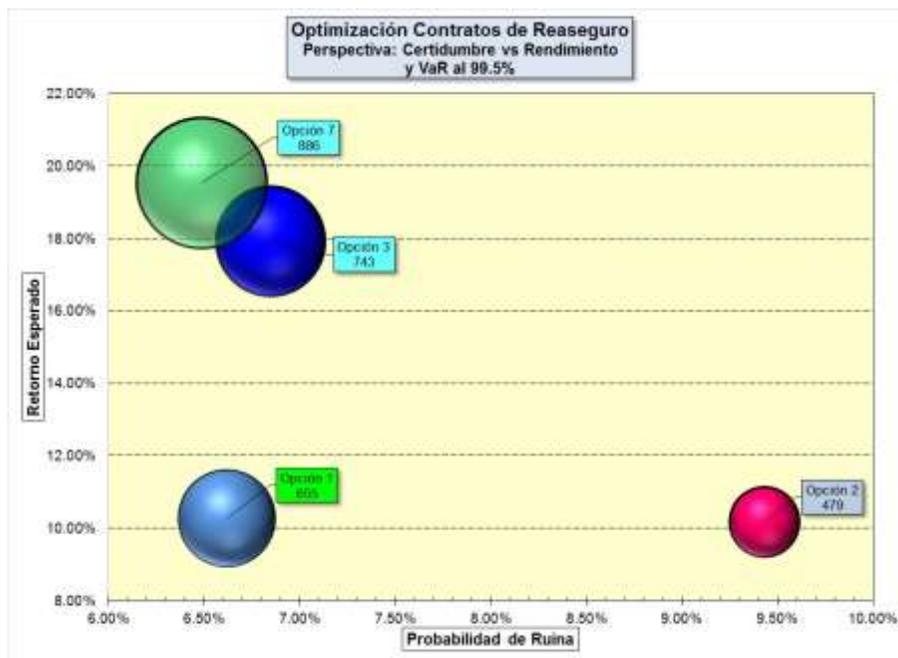
De acuerdo a las restricciones requeridas por los tomadores de decisiones, las opciones 0, 4 y 5 se desechan automáticamente debido a que el VaR al 99.5% excede la segunda restricción (VaR @99.5% no mayor que 927'767,434).

La opción 6 también queda descartada debido a que la probabilidad de ruina excede el 10%. Adicionalmente el margen combinado esperado es inferior al 10% requerido.

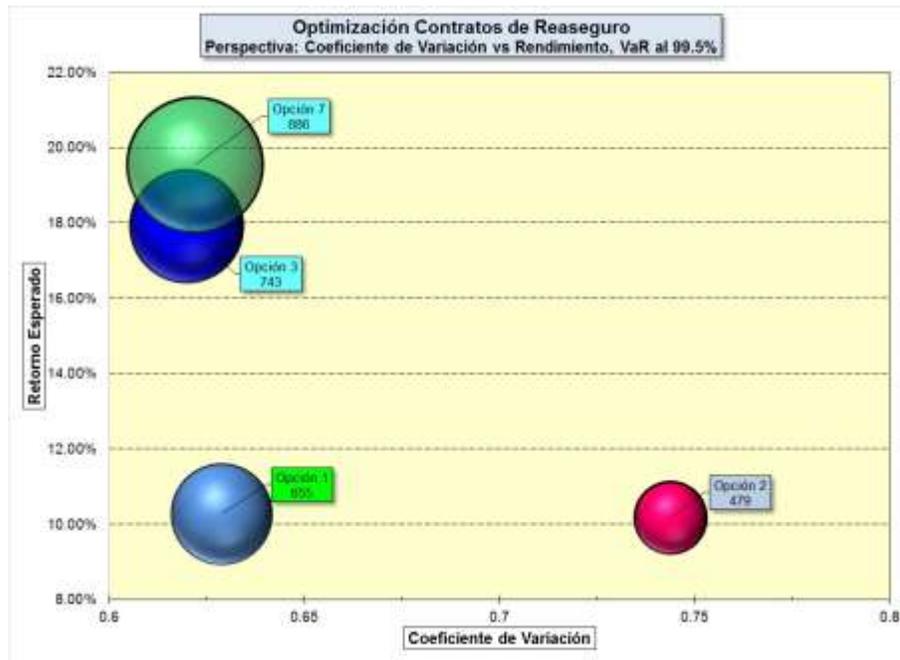
Las opciones que cumplen con las restricciones solicitadas son las 1, 2, 3 y 7, pues están dentro de los parámetros solicitados por los tomadores de decisiones. Inicialmente, se puede sugerir descartar también la opción 2, debido a que la probabilidad de ruina está cercana al 10%.



De las opciones restantes, la que mejor califica desde la perspectiva de probabilidad de ruina es la opción 7, ya que los resultados de la modelación indican que el margen combinado sería menor que cero en sólo en 649 iteraciones de 10,000. La que peor califica es la opción 1 ya que se espera que 661 iteraciones de 10,000 tengan un margen combinado menor a cero.



Analizando el coeficiente de variación entre las opciones 3 y 7, la opción 3 representa menor volatilidad alrededor de la tasa de rendimiento esperada ya que el valor del coeficiente de variación es 0.6198. Si lo que se desea es tener menor volatilidad en los resultados esperados, la opción 3 es la mejor, a pesar de que su rendimiento es ligeramente menor que lo esperado para la opción 7. Si el tomador de decisiones es conservador, quizá prefiera la opción que presente menor volatilidad alrededor del rendimiento esperado.



La opción más favorable desde la perspectiva de la mejor tasa de retorno corresponde a la opción 7.

Conclusiones.

En este capítulo se comentan los puntos a favor y en contra de la elección de alguno de los escenarios en particular.

Como se puede apreciar en el presente documento, la realización de un Análisis Dinámico Financiero requiere de tiempo, información y el análisis de la misma, recursos económicos, de cómputo y humanos.

Se debe de combinar adecuadamente todos esos elementos para la construcción del modelo, que permita generar e inicialmente evaluar el conjunto completo de resultados para que, conforme a las restricciones y/o necesidades de negocio, se descarten los escenarios que no cubran con los requisitos mínimos solicitados por la alta dirección o el administrador de riesgos.

Este tipo de análisis debe de realizarse con la frecuencia necesaria para la correcta evaluación de acuerdo a la evolución de la compañía en el tiempo. Entonces, el modelo no debe permanecer estático y tendrá que modificarse de acuerdo a los cambios que demande el entorno económico y financiero (tanto particular de la empresa como en general del mercado), las necesidades del administrador de riesgos, de la alta dirección, los accionistas, reguladores, etc.

Si bien, es imposible predecir con exactitud el futuro, el Análisis Dinámico Financiero nos ayuda a generar datos para poder estimar los intervalos en los cuales se puede esperar con alto grado de confianza el valor esperado del resultado, el capital requerido para la operación, así como intervalo dentro del cual posiblemente se podría esperar las obligaciones de la compañía.

Este tipo de herramientas permiten realizar una toma de decisiones informada, sustentada en datos y metodologías que si bien se aplican a datos históricos, facilitan a los tomadores de decisiones su labor. Sin embargo, no hay que perder de vista que si la aseguradora desea modificar su proceso de selección de riesgos, políticas de suscripción, apetito de riesgo, etc., es altamente probable que los escenarios obtenidos mediante la modelación, no sean representativos para el nuevo plan de negocios que se desee adoptar.

Anexo 1

Fórmulas para el Estado de Resultados. (Heglin, y otros, 1997)

Concepto:	Descripción y fórmula:
Exposición:	Corresponde al monto de la Suma Asegurada
Ingresos:	Monto de las Primas suscritas
Pérdidas:	Monto de los Siniestros
Comisión del agente:	Es el monto que se paga a los intermediarios por la captación del negocio (Generalmente conocidos como Gastos de Adquisición)
Obligaciones de la Cedente:	- (Pérdidas + Comisión del Agente + Gastos de Administración)
Margen de Cesión para la Cedente:	Obligaciones de la Cedente + Monto de la Comisión básica del Cuota Parte + Monto de la Comisión por Utilidades del Cuota Parte + Monto de la Comisión básica del Excedente + Monto de la Comisión por Utilidades del Excedente + Monto de la Comisión básica de Facultativo + Monto de la Comisión por Utilidades del Facultativo
Gastos de la Aseguradora:	Monto de los gastos fijos de la Cedente, necesarios para realizar la operación (generalmente conocidos como Gastos de Administración)
Margen Combinado:	Es el promedio de: + Margen de Cesión - Gastos de la Aseguradora
Probabilidad de ruina:	Corresponde a: $\frac{MC_i < 0}{N}$ Donde: MC _i < 0: número total de iteraciones para las cuales el Margen combinado es menor o igual que cero N: número total de iteraciones
VaR al 99.5%:	Es el monto de las Obligaciones de la Cedente correspondientes al Percentil 99.5% de las simulaciones de dicha variable aleatoria.
Margen respecto al VaR al 99.5%:	$\frac{\text{Margen Combinado}}{\text{VaR al 99.5\%}}$ Representa el rendimiento promedio a retención esperado de la opción de retención de riesgo elegida.

Bibliografía

- Brehm, y otros. 2007.** *Enterprise Risk Analysis for Property and Liability Insurance Companies*. New York: Guy Carpenter & Company, 2007.
- Charnes, John. 2012.** *Financial Modeling with Oracle Crystal Ball and Excel + Website, 2nd Edition*. s.l.: Wiley Finance, 2012.
- Fernández Diurbe, Ariel. 1992.** *Manual de Reaseguros*. Buenos Aires: Federación Interamericana de Entidades de Seguros (FIDES), 1992.
- Geratewohl, Klaus. 1980.** *Reinsurance Principles and Practice, Vol. I*. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft e. V., 1980.
- Heglin, Marcel y Geiger, René. 1997.** *Introducción a la Contabilidad del Reaseguro*. Zürich: Compañía Suiza de Reaseguros, 1997.
- Hossack, I. B., Pollard, J. H. y Zehnwirth, B. 2003.** *Introductory Statistics with Applications in General Insurance. 2nd Edition*. Sydney: Cambridge University Press, 2003.
- Ibarra, Hector. 2015.** www.africa-re.com. *Africa Re*. [En línea] 11 de Noviembre de 2015. <http://www.africa-re.com/WEATHERINSURANCE.pdf>.
- Kaufmann, Roger, Gadmer, Andreas y Klett, Ralf. 2015.** Introduction to Dynamic Financial Analysis - ASTIN BULLETIN No. 31. *CASACT.org*. [En línea] 10 de Noviembre de 2015. <https://www.casact.org/library/astin/vol31no1/213.pdf>.
- Varios. 2014.** wikipedia.org. *Wikipedia*. [En línea] 01 de Diciembre de 2014. https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_Montecarlo.